Nr. 12. Warszawa, 25 grudnia 1929 r. Rok VII.

TECHNIKA CIEPLNA

Czasopismo Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.
Oficjalny Organ Polskiego Komitetu Normalizacyjnego dla Spraw Kotłowych.

Redaktor: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: **Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.**
REDAKCJA i ADMINISTRACJA: Warszawa, Chmielna 2, m. 6. Tel. 275-45.
GODZINY BIUROWE: Redakcji—piątki, od 18 do 20, Administracji—codziennie, od 10 do 15.

Z. KLĘBOWSKI, inż.

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE.

(Por. *Technika Cieplna*, 1929, str. 208).

Rozpatrzymy warunki wytrzymałościowe, w kilku spotykanych często w praktyce przypadkach, wynikające z wyżej omówionych hipotez wytężenia, które w skróceniu oznaczać będziemy przez: A, B, C, D, E, a mianowicie:

A — Hipot. największego naprężenia normalnego.

B — Hipot. największego wydłużenia właściwego.

C — Hipot. największego naprężenia ścinającego.

D — Hipot. całkowitej właściwej energji odkształcenia sprężystego.

E — Hipot. właściwej energji odkształcenia tylko postaciowego.

Rozpatrzymy tu następujące przypadki, które w skróceniu nazwiemy I, II, III, IV i t. d., a mianowicie:

I — zwykłe rozciąganie lub ściskanie naprężeniem σ.

II — proste ścinanie lub skręcanie określone wartością naprężenia stycznego τ.

III — równomierne rozciąganie dwuwymiarowe. Przypadek kulistej części cienkościennego dna kotłowego ($\sigma_x = \sigma_y = \sigma$, $\sigma_z \cong 0$).

IV — rozciąganie dwuwymiarowe, jakie zachodzi w walcowej części cienkościennego kotła ($\sigma_x = \sigma$, $\sigma_y = 0{,}5\sigma$, $\sigma_z \cong 0$).

V — rozciąganie lub ściskanie naprężeniem σ w pewnym kierunku i proste ścinanie naprężeniem τ w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku σ.

VI — zginanie momentem M_1 działającym w pewnej płaszczyźnie i skręcanie momentem M_2 działającym w płaszczyźnie prostopadłej do pierwszej (zagadnienie to może być rozpatrywane jako szczególny przypadek bardziej ogólnego zagadnienia V).

Jeżeli przez $k \angle k_p$ nazwiemy największe bezpieczne dla danej konstrukcji i materjału naprężenie rozciągające (lub ściskające), a μ przyjmiemy równe $\frac{1}{3}$, 0,3, lub $\frac{1}{4}$, to wzory wytrzymałościowe w przypadkach I, II, III, IV, V i VI według hipotez A, B, C, D, E, przedstawiają się jak podano niżej.

U w a g a: Należy pamiętać, że aby obliczenie w przypadku „p" przeprowadzić na zasadzie hipotezy „h", należy odnaleźć i połączyć znakiem równości dwie wielkości, a mianowicie: stan wytężeniowy W_1 według hipotezy „h" dla przypadku „p" i stan wytężeniowy W_2 według hipotezy „h" dla zwykłego rozciągania, t. j. należy uformować wyrażenie $W_1 = W_2$. Jak wiadomo w zależności od hipotezy, na zasadzie której obliczamy, wytężeniem W może być: σ, τ, ε, λ, λ_f lub wreszcie jakaś inna wielkość.

PRZYPADEK I.

(zwykłe rozciąganie lub ściskanie)

według hipotezy A $\sigma = k$
„ „ B „
„ „ C „
„ „ D „
„ „ E „

(gdyż właśnie normalne — główne — naprężenie σ badano przy próbie rozciągania to jest tę wielkość, która według hipotezy A jest miarą wytężenia).

PRZYPADEK II.

(czyste ścinanie).

Według hipotezy A — (największego naprężenia normalnego) $\tau = k$ (gdyż przy równem rozciąganiu i ściskaniu w dwóch prostopadłych kierunkach otrzymujemy czyste naprężenie ścinające, równe co do wielkości absolutnej wartości naprężenia rozciągającego lub ściskającego).

Według hipotezy B — (największego wydłużenia).

$\tau = 0{,}75\ k$ przy $\mu = \frac{1}{3}$ lub $\tau = 0{,}77\ k$, przy $\mu = 0{,}3$ albo $\tau = 0{,}8\ k$, przy $\mu = \frac{1}{4}$ co bezpośrednio otrzymujemy z wzoru (25) o ile uczynimy w nim $\sigma = 0$ i przyrównamy $\frac{\sigma_r}{E}$ do $\frac{k}{E}$).

Według hipotezy C — (największego naprężenia stycznego) $\tau = \frac{k}{2}$ (gdyż przy prostem rozciąganiu lub ściskaniu absolutna wartość największego naprężenia ścinającego równa się połowie absolutnej wartości naprężenia rozciągającego lub ściskającego)

Według hipotezy D— (całkowitej energji odkształcenia). Według równania (8) całkowita energja odkształcenia sprężystego przy prostem ścinaniu równa się $\frac{1}{2G}\tau^2$ albo $\frac{1+\mu}{E}\tau^2$, całkowita zaś energja odkształcenia sprężystego przy zwykłem rozciąganiu równa się

$$\frac{1}{2E}\cdot k^2$$

wobec czego

$$\frac{1+\mu}{E}\tau^2 = \frac{1}{2E}k^2;\ \tau^2 = \frac{k^2}{2\,(1+\mu)}$$

$$\tau = \frac{k}{\sqrt{2}\cdot\sqrt{1+\mu}} = \text{od} \backsim 0{,}615\ k \text{ do} \backsim 0{,}633\ k$$

czyli τ równie jest od $0{,}615\ k$ (przy $\mu = \frac{1}{3}$) do $0{,}633\ k$ (przy $\mu = \frac{1}{4}$) Przy $\mu = 0{,}3$,

$$\tau = 0{,}62\ k$$

Według hipotezy E — (energji odkształcenia postaciowego). Z wzoru (12) wynika, iż energja odkształcenia postaciowego w przypadku prostego ścinania równa się $\frac{1}{2G}\tau^2$ a w przypadku zwykłego rozciągania (wzór 12 b) równa się $\frac{1}{6G}k^2$ wobec czego

$$\tau = \frac{k}{\sqrt{3}} = 0{,}577\ k$$

PRZYPADEK III.

(równomierne rozciąganie dwumiarowe przypadek kulisty części cienkościennego dna kotłowego. $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$; $\sigma_z = 0$)

według hipotezy A $\sigma = k$

„ „ B $\sigma = \frac{k}{1-\mu}$, a więc dla $\mu = \frac{1}{3}$ do $\frac{1}{4}$, $\sigma =$ od 1,33 do 1,5 k

według hipotezy C $\sigma = k$ (gdyż $\tau_{max} = \frac{\sigma_x - 0}{2} = \frac{\sigma_y - 0}{2} = \frac{k}{2}$)

według hipotezy D $\sigma = \frac{k}{\sqrt{2}} =$ *ok.* 0,71 k

(porównanie wzorów 7 i 9)

według hipotezy E $\sigma = k$ (porównanie wzorów 12-a i 13)

PRZYPADEK IV.

(rozciąganie dwuwymiarowe przypadek cylindrycznej części — cienkościennego kotła

$\sigma_x = 2\sigma_y = \sigma$; $\sigma_z = 0$)

według hipotezy A ; $\sigma = k$

„ „ B ; $\sigma = \frac{k}{1-\frac{\mu}{2}}$

„ „ C ; $\sigma = k$

" " D ; $\sigma = \frac{2k}{\sqrt{5}}$

" " E ; $\sigma = \sqrt{\frac{4}{3}}\,.\,k$, czyli 1,15 k

PRZYPADEK V

(normalne naprężenie σ i ścinające τ)

według hipotezy A ; $\frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = k$

(porównać wzór 25)

według hipotezy B ; $(1 - \mu)\ \frac{\sigma}{2} + (1 + \mu).$

$\sqrt{\frac{\sigma^2 + 4\tau^2}{2}} = k$ (porównać wzór 23)

według hipotezy C ; $\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = k$ (porównać wzór 24)

według hipotezy D ; $\sqrt{\sigma^2 + 2(1 + \mu)\tau^2} = k$

(porównać wzór 7 i 9)

według hipotezy E ; $\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = k$

(porównać wzór 12-a i 13)

PRZYPADEK VI

(Okrągły wał zginany momentem M_1 i skręcany momentem M_2)

Według hipotezy A ; $\frac{1}{2W}(M_1 + \sqrt{M_1^2 + M_2^2}) = k$ (co wynika z wzoru 27)

według hipotezy B ; przy $\mu = 0,3$;

$\frac{1}{W}\ (0,35\ M_1 + 0,65\sqrt{M_1^2 + M_2^2}) = k$

według hipotezy C ; $\frac{1}{W}\sqrt{M_1^2 + M_2^2} = k$

" " D ; $\frac{1}{W}\sqrt{M_1^2 + \frac{1+\mu}{2}M_2^2} = k$

według hipotezy E ; $\frac{1}{W}\sqrt{M_1^2 + 0,75\ M_2^2} = k$

Załączona tablica przejrzyście porównywa rezultaty dokonanych obliczeń według różnych hipotez wytężenia.

TABLICA PORÓWNAWCZA KILKU OBLICZEŃ WEDŁUG RÓŻNYCH HIPOTEZ WYTĘŻENIA (przy $\mu = 0,3$ i $k < kp$)

Przypadek obliczenia / Według hipotezy	I. Zwykłe rozciąganie lub ściskanie	II Czyste ścinanie	III Równomierne rozciąganie dwuwymiarowe Kulista część cienkościennego dna $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$; $\sigma_3 \cong 0$	IV Rozciąganie dwuwymiarowe jakie zachodzi w cienkim płaszczu kotła $\sigma_1 = \sigma$; $\sigma_2 = 0,5\ \sigma$; $\sigma_3 \cong 0$	V Rozciąganie lub ściskanie σ i czyste ścinanie τ w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku σ przy $\tau = \sigma$ i $\tau = 10.\sigma$	VI Zginanie wału M_1 w pewnej płaszczyźnie i skręcanie M_2 przy $M_2 = M_1$ i $M_2 = 10 M_1$
A Największego naprężenia normalnego	$\sigma = k$	$\tau = k$	$\sigma = k$	$\sigma = k$	$\sigma = 0,62\ k$ $\sigma = 0,095\ k$	$M_1 = 0,828.W.k$ $M_1 = 0,197.W.k$
B Największego wydłużenia właściwego	$\sigma = k$	$\tau = 0,77\ k$	$\sigma = 1,43\ k$	$\sigma = 1,18\ k$	$\sigma = 0,555\ k$ $\sigma = 0.075\ k$	$M_1 = 0,788.W.k$ $M_3 = 0,145.W.k$
C Największego naprężenia ścinającego	$\sigma = k$	$\tau = 0,5\ k$	$\sigma = k$	$\sigma = k$	$\sigma = 0,46\ k$ $\sigma = 0,05\ k$	$M_1 = 0,707.W.k$ $M_1 = 0.0995.W.k$
D C*ałkowitej* właściwej energji odkształcenia sprężystego	$\sigma = k$	$\tau = 0,62\ k$	$\sigma = 0,71\ k$	$\sigma = 0,89\ k$	$\sigma = 0,527\ k$ $\sigma = 0,062\ k$	$M_1 = 0,78.W,k$ $M_1 = 0,123.W.k$
E Właściwej energji sprężystego odkształcenia *tylko* postaciowego.	$\sigma = k$	$\tau = 0,577\ k$	$\sigma = k$	$\sigma = 1,15\ k$	$\sigma = 0,5\ k$ $\sigma = 0,0575k$	$M_1 = 0,756.W.k$ $M_1 = 0,115.W.k$

Dla żelaza walcowanego, t. j. materjału, który ma największe zastosowanie w konstrukcji, jak wspomniano wyżej, najbardziej zgodną z wynikami ostatnich badań doświadczalnych jest hipoteza energji odkształcenia postaciowego. Hipoteza ta daje również dla miedzi i odlewów stalowych wyniki najlepiej odpowiadające rzeczywistości i dostatecznie dokładne dla zastosowań praktycznych. Ponieważ te metale są prawie wyłącznym materjałem używanym w technice kotłowej, to wzory obliczeniowe w budowie kotłów, o ile chodzi o możliwie dokładne, przy obecnym stanie wiedzy, odzwierciedlenie w obliczeniu tego, co zachodzi w materjale kotła podczas jego pracy — winny być oparte na hipotezie energji odkształcenia postaciowego.

Jak wynika z omówionego poprzednio, hipoteza energji odkształcenia postaciowego, jak zresztą każda inna hipoteza wytężenia, ma na celu podać funkcję naprężeń wogóle, panujących w danym punkcie, która stanowi o wytrzymałości materjału tylko ze względu na działanie tych naprężeń.

Wobec, dającego się często zauważyć błędnego mniemania, iż hipoteza wytężenia obejmuje różne inne dziedziny zjawisk, uważam za konieczne podkreślić, że jeżeli prócz naprężeń, które zwolna rosły od zera do wartości ostatecznej, wchodzą w grę jeszcze inne czynniki, mogące decydować o całości elementu konstrukcyjnego, to hipoteza wytężenia tych czynników nie obejmuje, a warunki, którym winien czynić zadość dany element ze względu na te czynniki nie ulegają zmianie bez względu na to, jaką przyjmujemy hipotezę wytężenia. Takiemi czynnikami może być nagła zmiana kształtu elementu konstrukcyjnego pod wpływem obciążenia, zależna od ustosunkowania wymiarów tego elementu. Są to tak zwane zagadnienia stateczności postaci (kształtu). A więc: wyboczenie pręta, skręcenie belki podpartej i obciążonej na zginanie, posiadającej przekrój, którego wymiary poziome są dostatecznie małe w stosunku do wymiarów pionowych i odległości pomiędzy podporami, zgniecenie płomienicy kotła, wgniecenie dna wypukłego, na które działa ciśnienie zewnętrzne, t. j. od strony wypukłej i t. d. Hipotezy wytężenia nie uwzględniają również wpływu zmian temperatury na stan napięcia, jak również nie obejmują przypadków w których stan napięcia zależny jest od czasu.

Z przerobionych przykładów I, II, III, IV, V i VI, dotyczących przypadków, mających najczęstsze zastosowanie w praktyce widać, iż aby wyrazić równaniem według którejkolwiek hipotezy wytężenia warunek wytrzymałościowy punktu materjału, znajdującego się w jakimkolwiek stanie napięcia, należy określić wielkość W_2 odpowiadającą wytężeniu według danej hipotezy przy zwykłem rozciąganiu oraz określić wielkość W_1 odpowiadającą wytężeniu przy danym stanie napięcia i obie te wielkości połączyć znakiem równości: $W_1 = W_2$.

Tak więc, układając w jakimkolwiek złożonym wypadku równanie warunku wytrzymałościowego według hipotezy energji odkształcenia postaciowego, znajdujemy właściwą energję odkształcenia postaciowego dla tego wypadku i przyrównywujemy ją do wielkości $\frac{k^2}{6 \cdot G}$, odpowiadającej właściwej energji odkształcenia postaciowego przy zwykłem rozciąganiu lub ściskaniu.

Rozpatrzmy warunki wytrzymałości według hipotezy energji odkształcenia postaciowego w paru przykładach, mających znaczenie dla zastosowań technicznych.

PRZYPADEK VII.

Cylindryczna część walczaka dostatecznie odległa od den kotła grubościennego o promieniu wewnętrznym a i zewnętrznym b, narażonego na ciśnienie wewnętrzne p.

Nie trudno zauważyć, iż najniebezpieczniejsze są wewnętrzne punkty walczaka. Działają na nie następujące naprężenia główne:

obwodowe $\sigma_1 = \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} \cdot p$

osiowe $\sigma_2 = \frac{\pi\, a^2\, p}{\pi\, (b^2 - a^2)} = \frac{a^2}{b^2 - a^2}\, p$

promieniowe $\sigma_3 = -\, p$.

Wstawiając powyższe wartości do równania $\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\, \sigma_2 - \sigma_2\, \sigma_3 - \sigma_3\, \sigma_1 = k^2$ i, rozwiązując je względem b, znajdujemy

$$b = a \sqrt{\frac{k}{k - p . \sqrt{3}}}$$

PRZYPADEK VIII.

Środkowa część kotłowego sferycznego dna grubościennego, narażonego na ciśnienie wewnętrzne p. O ile nie uwzględniamy wpływu walczaka, przypuszczamy, iż pod wpływem ciśnienia wewnętrznego, pierwotne promienie dna będą się zwiększały i wówczas dla obliczenia wytężenia miarodajnemi będą punkty znajdujące się na wklęsłej powierzchni dna.

O ile uwzględnimy wpływ walczaka na odkształcenie dna, to w zależności od wielkości tego wpływu i badanego miejsca dna, największe wytężenie materjału w pobliżu osi dna może panować na wypukłej powierzchni.

W każdym razie do ułożenia równania przedstawiającego warunki wytrzymałości dna w jakimkolwiek punkcie winniśmy zgóry określić σ_1 naprężenie w danym punkcie, prostopadłe do płaszczyzny, przechodzącej przez oś obrotową dna i równe mu lub różne od niego naprężenie σ_2

styczne do tworzącej, jak również naprężenie promieniowe σ_3 które na wklęsłej powierzchni równe jest—p, maleje w miarę tego jak rozpatrywany punkt zbliża się do pow. wypukłej i na niej równa się zeru.

Wówczas otrzymujemy:

$$\sigma_1{}^2 + \sigma_2{}^2 + \sigma_3{}^2 - \sigma_1\,\sigma_2 - \sigma_2\,\sigma_3 - \sigma_3\,\sigma_1 = k^2$$

W pobliżu osi obrotu dna mamy

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma, \text{ wówczas}$$

$$2\sigma^2 + \sigma_3{}^2 - \sigma^2 - 2\sigma\,\sigma_3 = k^2 \text{ i ostatecznie}$$

$$\sigma^2 + \sigma_3\,(\sigma_3 - 2\sigma) = k^2$$

O ile w obliczeniu części sferycznej grubościennego dna kotłowego nie uwzględniamy wpływu połączenia dna z płaszczem walczaka, lub wyoblenia, wówczas zadanie traktujemy, jako klasyczne zagadnienie gruościennego naczynia kulistego o wewnętrznym i zewnętrznym promieniu r i R i wtedy

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma = \frac{p}{R^3 - r^3}\left(r^3 + \frac{R^3}{2}\right);\ \sigma_3 = p.$$

PRZYPADEK IX.

Wyoblenie o zewnętrznym promieniu $r = \frac{D}{\alpha}$, dna przynitowanego do walczaka. Dno posiada zewn. średnicę części cylindrycznej D i zewn. promień wypukłości $R \angle D$.

Wobec złożonych zjawisk, jakie zachodzą w wyobleniu dna, trudno określić rachunkowo w różnych wypadkach całokształt naprężeń głównych, z którychby można było ułożyć równanie, dające warunek wytrzymałościowy według hipotezy energji odkształcenia postaciowego. Aby mieć możność obliczania wyobleń den o grubości używanych w praktyce, dokonano w Niemczech szeregu doświadczeń nad różnemi dnami tak pod względem średnicy, grubości blachy, jak również promienia wyoblenia przy $R \angle D$, zwiększając ciśnienie do chwili osiągnięcia przez materjał na wyobleniu granicy plastyczności i ustalono, iż w przybliżeniu materjał w wyobleniu osiąga granicę plastyczności przy

$$s = z\ \frac{R.\,p.}{200\ k_p}$$

gdzie R i s są podane w milimetrach, p—w *atn* k_p — granica plastyczności przy zwykłem rozciąganiu w kg/mm^2, a przy stopniu pewności $n = \frac{k_p}{k}$ wystarczająca grubość dna wynosi

$$s = z\ \frac{R.\,p.}{200\,k}$$

gdzie z oznacza wielkość współczynnika w funkcji $\alpha = \frac{D}{r}$, wziętą z tak zwanej krzywej Godesberskiej, która daje się wyrazić z dostateczną dla praktyki dokładnością równaniem

$$z = \frac{0{,}019}{\alpha\,(\alpha + 0{,}04)} + 0{,}93\ ^{*)}$$

Sposób otrzymania i budowa wzoru: $s = z\ .\frac{R.\,p.}{200\,k}$ są różne od normalnego sposobu otrzymywania i od budowy wzorów według hipotezy energji odkształcenia postaciowego; prawa strona tego wzoru zawiera czynnik $\frac{R.\,p.}{200\,k}$, określający wytężenie materjału w sferycznej części dna według hipotezy największego naprężenia normalnego, dającej te same wyniki dla dwuwymiarowego równomiernego rozciągania, co i hipoteza energji odkształcenia postaciowego. Współczynnik z, określony doświadczalnie, wskazuje ile razy wytężenie w wyobleniu jest większe, jak w sferycznej części. Chociaż prawdopodobnie przy określeniu współczynnika z nie brano pod uwagę hipotezy energji odkształcenia postaciowego, to wzór ten w granicach w jakich można przy określeniu wytężenia w wyobleniu nie brać pod uwagę grubości dna i grubości walczaka do którego dno jest przynitowane jako też sposobu nitowania — daje zasadniczo dostatecznie zgodne wyniki z hipotezą energji odkształcenia postaciowego, gdyż badania stwierdziły doświadczalnie bezpośrednio warunki osiągnięcia granicy plastyczności w wyobleniu danego kotła; warunkiem tym było pewne ciśnienie p, a hipoteza energji odkształcenia postaciowego najlepiej odpowiadająca rezultatom badań, sformułowałaby te warunki pośrednio przez naprężenia główne wyrażone w funkcji tego samego ciśnienia p, gdybyśmy potrafili określić rachunkowo naprężenia główne, panujące w wyobleniu dna danego kotła w funkcji p.

PRZYPADEK X.

Cienkościenny walczak kotła eliptyczny bez szwu o nieznacznem odchyleniu od zarysu kołowego o długości środkowych osi: dużej $2a$ *mm*, małej $2b$ *mm*, z blachy grubości s *mm*, poddany działaniu ciśnienia wewnętrznego p kg/cm^2.

---

*) Krzywa Godesberska wyraża się w znacznem przybliżaniu:

1) w granicach od $\alpha = 0{,}0666$ do $\alpha = 0{,}5$ wzorem $z = \frac{0{,}019068}{\alpha\,(\alpha + 0{,}044804)} + 0{,}93$, który daje największe odchylenia — 1,66½% i + 1,32%.

2) w granicach od $\alpha = 0{,}125$ do $\alpha = 0{,}5$ (to jest poza któremi dna w Polsce nie będą prawdopodobnie uwzględniane) wyraża się wzorem $z = \frac{0{,}018822}{\alpha\,(\alpha + 0{,}037769} + 0{,}93$, który daje największe odchylenia . . . . — 0,27% i + 0,97%.

Najwięcej narażony na uszkodzenie jest wewnętrzny punkt walczaka, leżący na dużej osi. W tym punkcie mamy naprężenia główne:

Obwodowe

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot a}{s} + \frac{6}{s^2}\left\{\frac{pa^2}{4}\left[\frac{a^2-b^2}{a^2} + \frac{1}{3}\left(\frac{s}{a}\right)^2\right]\right\}$$

(rozciąganie)

Osiowe $\sigma_2 = p \cdot \frac{a+b}{2 \, . \, s}$ (rozciąganie)

Promieniowe $\sigma_3 = -p$ (ściskanie)

Mając w konkretnym wypadku naprężenia główne σ_1' σ_2' σ_3' określone liczbowo formujemy wyrażenie dla właściwej energji odkształcenia postaciowego dla punktu w którym działają te naprężenia i przyrównywujemy ją jak w poprzednim przykładach do właściwej energji odkształcenia postaciowego przy zwykłem rozciąganiu.

PRZYPADEK XI.

Rozciąganie wstęgi, osłabionej otworem okrągłym (lub eliptycznym)

W płaszczyźnie przekroju poprzecznego, przechodzącego przez środek otworu rozkładają się naprężenia najbardziej nierównomiernie. Jeżeli średnica otworu $2r$ jest bardzo mała w porównaniu z szerokością wstęgi, otwór znajduje się w środku szerokości wstęgi, a wstęga jest rozciągana siłami równomiernie rozłożonemi wzdłuż wymiaru szerokości końców wstęgi lub wstęga jest dostatecznie długa przy rozciąganiu siłami skupionemi, wówczas w poprzecznym przekroju wstęgi przechodzącym przez środek otworu na długokości od brzegu otworu do podłużnej krawędzi wstęgi, wielkość naprężenia w dowolnym punkcie przekroju w kierunku rozciągania wyraża się równaniem

$$\sigma = \frac{\sigma'}{2}\left(2 + \frac{r^2}{\rho^2} + 3 \, . \, \frac{r^4}{\rho^4}\right)$$

w którym ρ oznacza odległość danego punktu w określonej wyżej części przekroju od środka otworu, a σ' średnią wartość naprężenia. Na brzegu otworu, gdzie $\rho = r$, otrzymujemy z równania:

$$\sigma = 3 \sigma'$$

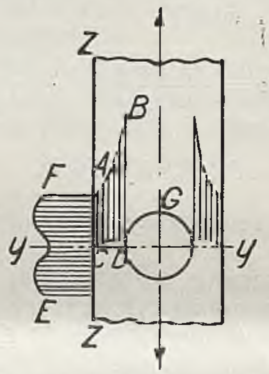
czyli największe naprężenie ma potrójną wartość naprężenia średniego.

Jeżeli otwór nie jest okrągły lecz eliptyczny o osi a skierowanej w poprzek rozciąganej wstęgi i osi b, skierowanej wzdłuż wstęgi, to największe naprężenie, znajdujące sią na brzegu otworu na poprzecznej osi, równe jest

$$\sigma = \sigma'\left(1 + 2\,\frac{a}{b}\right)$$

Jak widać z ostatniego wzoru: 1) przy $a = b$, $\sigma = 3\,\sigma'$, w miarę tego jak wzrasta lub maleje stosunek $\frac{a}{b}$, wzrasta również lub maleje, największe naprężenie na krawędzi otworu przy osi a (w zależności od tego czy duża oś jest umieszczona w poprzek kierunku rozciągania, czy wzdłuż). Szpara poprzeczna przy rozciąganiu skupia bardzo wielkie naprężenia na swych końcach szpara zaś podłużna nie powoduje nierównomierności rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym. Ten ostatni wniosek nie stosuje się do przypadku ściskania lecz tylko rozciągania.

Powyższe wyniki co do maksimalnych naprężeń dają się w przybliżeniu stosować i do otworów dosyć dużych w stosunku do szerokości wstęgi. Wtedy jednak jako naprężenie średnie lepiej jest przyjmować naprężenie, panujące w pełnym przekroju wstęgi. Na rys. 4 przedstawiono naprężenia panujące w przekroju $y'y$ wstęgi w której średnica otworu równa się połowie szerokości wstęgi. (Rysunek ten jak również wzór na maksimalne naprężenie przy otworze eliptycznym wzięto z pracy: La photo-élasticimetrie. G. Delaughe. Le Genie Civil Nr. 11, 10 septembre 1927 r.). Na rysunku przedstawiono wielkość naprężeń głównych otrzymanych metodą pomiarów foto-elastycznych.



Rys. 4.

Rzędne krzywej AB, liczone od osi y-y przedstawiają naprężenia główne rozciągające w odpowiednich punktach przekroju y-y w kierunku rozciągania; rzędne krzywej CD liczone od tej samej osi przedstawiają wielkość naprężeń głównych ściskających skierowanych według osi y-y. Rzędne krzywej EF, liczone od krawędzi ZZ przedstawiają naprężenia główne rozciągające, panujące na krawędzi ZZ i skierowane wzdłuż tej krawędzi. Na krzywej EF widać minimum i dwa maksimum, które się tem bardziej zaznaczają, im większy jest otwór w porównaniu z szerokością wstęgi.

Z krzywej AB widać, iż największe naprężenie σ' ma się do średniego σ'' w czynnej powierzchni i najmniejszego σ''' w przybliżeniu jak 26 : 17 : 8 lub jeżeli za naprężenie σ'' przyjąć

średnie naprężenie panujące w pełnym przekroju wstęgi, to jest dwa razy mniejsze, to stosunek największego naprężenia do średniego tak pojmowanego w danym przykładzie wyniesie

$$26 : 8{,}5 = 3{,}06$$

Największa rzędna krzywej *CD*, znajduje się w pewnej odległości od brzegu otworu i wynosi około $\frac{1}{12}$ największej rzędnej krzywej *AB*

Rzędne krzywej *CD* w punktach *D* i *C* są równe zeru.

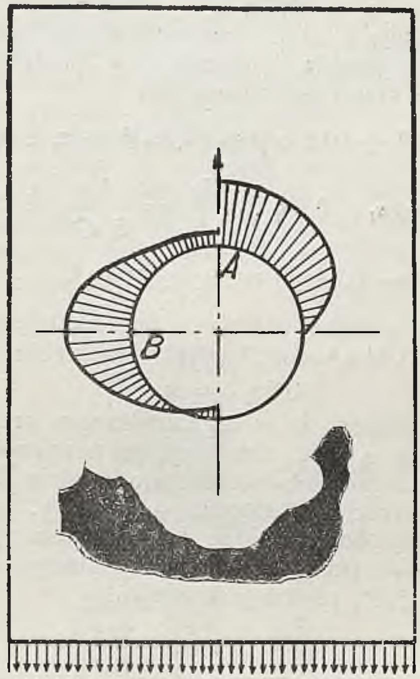
Z rozkładu naprężeń krzywej *AB* i krzywej *CD* widać, iż przy formowaniu wyrażenia dla właściwej energji odkształcenia postaciowego należy brać pod uwagę punkt *D*, a więc tylko naprężenie maksimalne w kierunku rozciągania. Wytężenie najniebezpieczniejszego punktu nie ulegnie zmianie, w wypadku płyty z otworem, rozciąganej dwuwymiarowo naprzykład w wypadku otworu w płaszczu walczaka kotła $\left(\sigma_1 = \sigma\,;\, \sigma_2 = \frac{\sigma}{2}\right)$ lnb w przypadku otworu w kulistej części dna kotła ($\sigma_1 = \sigma = \sigma$), gdyż na brzegu otworu w punkcie *G*. Rys. 4 niema takich naprężeń normalnych do zarysu otworu i stycznych do tego zarysu, któreby należało brać pod uwagę pod względem wielkości w porównaniu z naprężeniem $\sigma = \infty\ 3\ \sigma'$

PRZYPADEK XII.

Wstęga, poddana w jednym końcu działaniu sił rozciągających, z drugiego końca opatrzona jest w otwór okrągły, przez który przechodzi pręt tej samej średnicy co otwór. Działanie pręta na ścianki otworu powoduje powstawanie reakcji, które łącznie z siłami, działającemi na drugi koniec utrzymują wstęgę w równowadze.

Przykład ten przypomina działanie na brzegi otworu nitowego w blasze szyjki rozluźnionego nita, którego łby nie wywierają należytego nacisku na blachy, a szyjka nie rozpiera otworu, w szczególności w przypadku nitowania jednorzędnego o obustronnych łubkach. Na rysunku 5 przedstawiono z prawej strony naprężenia główne σ_1 normalne do konturu otworu z lewej zaś naprężenia główne σ_2 styczne do konturu. Naprężenia zostały znalezione metodą pomiarów fotoelastycznych; — rys. 5 przerysowano w przybliżeniu z pracy G. Delaughe już cytowanej w poprzednim przykładzie. Ani na rysunku, ani w opisie wymienianej pracy nie wskazano do jakiej siły rozciągającej odnoszą się dane naprężenia. Siła ta w przybliżeniu równa jest największemu naprężeniu do brzegu otworu w punkcie *A*, pomnożonemu przez średnicę otworu. Zauważmy, iż w punkcie *A* naprężenia σ_1 normalne do zarysu otworu są największe w punkcie *B* panują tej samej wielkości naprężenia σ_2, styczne do konturu, w punkcie *A* ponadto panuje drugie naprężenie główne σ_2 styczne do konturu, wynoszące w tym punkcie około $\sigma_2 = 0{,}12\ \sigma_1$.

W punkcie *B*, $\sigma_1 = 0$. W jednym z dwóch punktów *A* lub *B* wytężenie materjału jest największe. Można się przekonać, iż w pośrednich punktach łuku *AB* wytężenie jest mniejsze, jak w punkcie *A* lub *B*.



Rys. 5.

W rozpatrywanym więc przypadku miarodajnym punktem do obliczenia wytężenia w przybliżeniu do dokładności pomiarów naprężeń i odczytania ich wielkości z rysunku jest punkt *A* o naprężeniach głównych $\sigma_1 = \sigma$ i $\sigma_2 = 0{,}12\ \sigma$ lub punkt *B* o naprężeniach głównych $\sigma_2 = \sigma$ i $\sigma_1 = 0$.

Właściwia energja odkształcenia postaciowego w punkcie *A* wyrazi się

$$\frac{1}{6G}\left(\sigma^2 + (0{,}12)^2\,\sigma^2 - 0{,}12\,\sigma^2\right)$$

a miarą wytężenia jest równość

$$0{,}94\sigma = k$$

Miarą wytężenia materjału w punkcie *B* daje równość

$$\sigma = k$$

wobec czego napięcie w punkcie *B* jest w tym przypadku miarodajne do obliczenia.

PRZYPADEK XIII. Ściskanie kul.

Przy ściskaniu dwu kul o promieniach r_1 i r_2 z siłą *P* powstaje w środku powierzchni stykających się kul przy $\mu = 0{,}3$ naprężenie normalne do powierzchni styku

$$\sigma_1 = \sigma_{maks} = 0{,}388 \sqrt[3]{P\,E^2\left(\frac{r_1 + r_2}{r_1\,r_2}\right)^2}$$

(w szczególnym wypadku przyciskania kuli do płyty płaskiej

$$r_1 = r;\ r_2 = \infty\,;\ \sigma_{maks} = 0{,}388 \sqrt[3]{\frac{P.E^2}{r^2}}$$

Element podlegający temu naprężeniu jest jednocześnie ściskany poprzecznie w płaszczyźnie prostopadłej do kieruku σ_{maks} ze wszystkich stron naprężeniami $0{,}8\,\sigma_{maks}$. A więc

$$\sigma_2 = 0{,}8\,\sigma_1 \text{ i } \sigma_3 = 0{,}8\,\sigma_1$$

Właściwa (t. j. odniesiona do jednostki objętości) energja odkształcenia postaciowego w środku styku kul równa jest

$$\frac{1}{6.\,G}\left[\sigma_1^2 + (0{,}8\,\sigma_1)^2 + (0{,}8\sigma_1)^2 - \sigma_1 \,.\, 0{,}8\sigma_1 - \right.$$

$$\left. - 0{,}8\sigma_1\, 0{,}8\sigma_1 - 0{,}8\sigma_1 \,.\, \sigma_1\right] = \frac{1}{6.\,G}\quad 2{,}28\sigma_1^2 -$$

$$- 1{,}6\sigma_1^2 - 0{,}64\sigma_1^2) = \frac{1}{6.G}0{,}04\sigma_1^2.$$

Na granicy plastyczności spełniony jest warunek $0{,}04\,\sigma_1^2 = k_p{}^2$ czyli ostatecznie

$$0{,}2\sigma_1 = k_p\,.$$

Zauważmy, iż w rozpatrywanym przypadku naprężenia $\sigma_1\,\sigma_2\,\sigma_3$ nie rosną proporcjonalnie do zewnętrznej siły P, lecz proporcjonalnie do pierwiastka trzeciego stopnia z tej siły. A więc naprężenie dopuszczalne ze stopniem pewności — n — w stosunku do granicy plastyczności— hipoteza „*A*", równe jest wielkości

$$\frac{k_p}{\sqrt[3]{n}}\ \text{, a nie}\ \frac{k_p}{n}$$

PRZYPADEK XIV.

Ściskanie walców według tworzącej, o promieniach r_1 i r_2 siłą P, odpowiadającą jednostce długości walca.

W środku paska zetknięcia doznaje materjał trójwymiarowego stanu napięcia, określonego naprężeniami:

$$\sigma_1 = \sigma_{maks} \text{ o kierunku } P;\ \sigma_1 = \sigma_{maks} =$$

$$= 0{,}418\sqrt{P.E\,\frac{r_1 + r_2}{r_1\,.\,r_2}}$$

w szczególnym przypadku przyciskania walca o promieniu $r_1 = r$ do płyty o promieniu

$$r_2 = \infty;\ \sigma_{maks} = 0{,}418\sqrt{\frac{P\,.\,E}{r}}$$

$\sigma_2 = 0{,}6\,\sigma_{maks}$ o kierunku równoległym do osi walca. $\sigma_3 = \sigma_{maks}$ o kierunku prostopadłym do σ_2 i P.

Właściwa energja odkształcenia postaciowego elementu znajdującego się w środku szerokości paska styku wyrazi się:

$$\frac{1}{6\,G}\ [\sigma_1^2 + (0{,}6\,\sigma_1)^2 + \sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot 0{,}6\,\sigma_1 -$$

$$- 0{,}6 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_1 - \sigma_1^2] = \frac{1}{6 \cdot G}0{,}16\,\sigma_1^2$$

Na granicy plastyczności spełniony jest warunek:

$$0{,}16\,\sigma_1^2 = k_p{}^2 \text{ czyli ostatecznie}$$

$$0{,}4\,\sigma_1 = k_p$$

Wobec tego, iż naprężenia rosną tutaj nieproporcjonalnie do siły P, lecz do pierwiastka kwadratowego z tej siły, to naprężenie dopuszczalne ze stopniem pewności n w stosunku do granicy plastyczności — hipoteza „*A*" — równe jest wielkości $\frac{k_p}{\sqrt[2]{n}}$ a nie $\frac{k_p}{n}$

Na zakończenie zwróćmy uwagę, iż wzory wyprowadzone na zasadzie hipotezy energji odkształcenia postaciowego są nietylko dokładniejsze lecz często znacznie prostsze od innych — porównajmy naprzykład odnośny wzór dla przypadku wałków (zginanie i skręcanie) z wzorem dla tego przypadku wyprowadzonym na zasadzie hipotezy największego wydłużenia.

Aby zdać sobie sprawę w jaki sposób sprawdzić można doświadczalnie dokładność wzorów wyprowadzonych na różnych zasadach przytoczymy następujący przykład.

Oznaczając przez σ_p wartość naprężenia normalnego przy prostem rozciąganiu lub ściskaniu na granicy plastyczności — i przez τ_p — wartość naprężenia stycznego przy prostem ścinaniu lub skręcaniu na tejże granicy, otrzymano z odchyłkami paru odsetek dla poszczególnych spostrzeżeń średnio

$$\tau_p = 0{,}57\ \sigma_p$$

Tymczasem hipoteza największego wydłużenia daje przy $\mu = 0{,}3$

$$\tau_p = 0{,}77\ \sigma_p$$

czyli o 35% więcej od danych doświadczalnych. Według hipotezy największej energji odkszałcenia postaciowego

$$\tau_p = \frac{1}{\sqrt{3}}\ \sigma_p \sim 0{,}577\ \sigma_p$$

co zgadza się z wynikami najdokładniejszych badań doświadczalnych z dokładnością do 1,2%.

Hipoteza największego naprężenia stycznego daje z pozostałych hipotez wyniki najbliższe do hip. energji odkształcenia postaciowego. W omawianym przykładzie według tej hipotezy mamy

$$\tau_p = 0{,}50\ \sigma_p$$

t. j. o 12% mniej w porównaniu z wartością doświadczalną.

Wobec takich rezultatów badań doświadczalnych, wykazujących zupełnie wystarczającą dokładność dla zastowań technicznych obliczeń na zasadzie hip. energji odkształc. postaciowego i tak znacznej rozbieżności z doświadczeniami, rozpowszechnionych dotychczas wzorów, wyprowadzonych na zasadzie hipotezy największego wydłużenig, nie należy wątpić, iż wzory wytrzymałościowe, używane dotychczas powszechnie, ulegną rewizji i zostaną odpowiednio zmienione.

Czy w Polsce, która już przed ćwierćwieczem była kolebką tych myśli, powinno się czekać na gotowy, opracowany zagranicą materjał, czy też odpowiednie zmiany winny być u nas dokonane samodzielnie polskiemi siłami? Wydaje się, iż temu ostatniemu nic nie stoi na przeszkodzie, że jest to tylko kwestją zdecydowania się na zerwanie z przyzwyczajeniem i tradycjami.

WYBUCH APARATU DESTYLACYJNEGO.

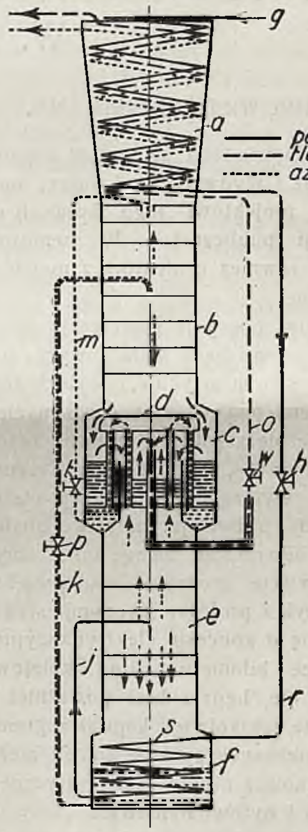
W fabryce gazów przemysłowych S. A. „Gaz“ w Trzebini eksplodował w dniu 22 kwietnia 1928 aparat destylacyjny, powodując śmierć obsługującego go maszynisty. Aparat ten którego schemat przedstawia rys. 1, służył do wytwarzania płynnego powietrza.

Przebieg pracy aparatu od stanu spoczynku był następujący: Rurką „g“ wtłacza się powietree pod ciśnieniem 150 — 200 *atn*, które w części oziębione od sąsiednich wężownic, rozpręża się w zaworze redukcyjnym „h“ do ciśnienia 0,2 *atn*, wskutek czego temperatura powietrza stopniowo obniża się, osiągając — 150° do — 190°*C*. Po ochłodzeniu w ten sposób aparatu, na co potrzeba około 24-ech godzin. zaczyna się jego normalna praca. Wówczas zniża się ciśnienie powietrza za kompresorem do 50 *atn*, a zawór redukcyjny „h“ tak się nastawia, aby za zaworem ciśnienie powietrza wynosiło 4 *atn*. Pod tem ciśnieniem znajduje się wężownica „s“ w zbiorniku powietrza skroplonego „f“, i dolna kolumna rektyfikacyjna „e“ wraz z wewnętrzną częścią kondensatora „d“. W zaworze „p“ następowała dalsza redukcja ciśnienia z czterech na 0,2—0,5 *atn* i pod tem ciśnieniem znajdowała się cylindryczna kolumna rektyfikacyjna „b“ z sitami talerzowemi, służąca do oddzielania lotnego N_2 od płynnego O_2. Podobnie redukowane było ciśnienie w zaworze „t“. Skroplone powietrze w wężownicy „s“ płynie dalej rurką „j“ do kolumny „e“ i do zbiornika „f“, przyczem pewna część lotnego N_2 płynie ku górze, jak to pokazano na schemacie. Ze zbiornika „f“ płynie skroplone powietrze rurą „k“ przez zawór „p“ do kolumny niskoprężnej „b“, gdzie następuje oddzielenie lotnego azotu od płynnego tlenu i ich odprowadzenie osobnemi przewodami.

Zawory „h“, „p“, „t“ były zmontowane obok siebie na osobnej tablicy, a nad każdym zaworem umieszczony był manometr; nadto każda kolumna rektyfikacyjna posiadała osobny zawór bezpieczeństwa o średnicy około 23 *mm*. Cały aparat był zmontowany w stojącym walczaku blaszanym, wypełnionym watą azbestową jako środkiem izolacyjnym. Cały aparat posiada wysokość około 8 *m*.

Wybuch nastąpił w dolnym zbiorniku. Siłą wybuchu zostało dno zbiornika oderwane i porozrywane na części. Rozerwany zbiornik o średnicy 300 *mm* był wykonany z blachy mosiężnej o grubości 2,5 *mm*; dno zbiornika było przylutowane.

Przeliczenie wytrzymałościowe rozerwanego zbiornika, czyli określenie przypuszczalnego ciśnienia, przy którem nastąpił wybuch, napotyka na poważne trudności, gdyż nie znane są bliżej własności miedzi i mosiądzu przy temperaturze — 190°*C*. Pewnem jest tylko, że słabą stroną zbiornika był spawany szew, łączący dno z płaszczem zbiornika, co się okazało przy wybuchu gdyż rozerwanie nastąpiło w tym właśnie szwie. Przeprowadzone badania metalograficzne rozerwanych części płaszcza i dna zbiornika wykazały że wytrzymałość materjału płaszcza wynosiła 61,2 kg/mm^2, a przydłużenie 4%., dno zaś posiadało — średnio z czterech próbek — wytrzymałość 46,6 kg/mm^2 i przydłużenie 15%. Przy pomocy aparatu Brinell'a stwierdzono, że twardość materjału dna była większa na brzegach (157 kg/mm^2) aniżeli na środku (125 kg/mm^2).



Rys. 1.

Faktycznej przyczyny wybuchu nie udało się ustalić, gdyż chodzi tu o aparat, w którym powodem eksplozji mogą być czynniki mało znane, względnie nie dające się uchwycić. Jako możliwości, które wybuch spowodowały, zostały wysunięte dwie: Pierwsza według orzecznictwa p. inż. Nowickiego, dyrektora koksowni na Górnym Śląsku, wysuwa przypuszczenie, że eksplozja powstała z powodu obecności węglowodorów w płynnem powietrzu (tlenie). Węglowodory (acetylen) w płynnym tlenie spowodowały przez uderzenie eksplozję i to bez winy maszynisty. Węglowodory zaś mogły się dostać do skroplonego powietrza:

1) z basenów wapna odpadającego przy fabrykacji które, zawierając karbid, oddaje acetylen do atmosfery. Acetylen, jako gaz cięższki, mógł się z basenu przedostać, przy odpowiednim kierunku wiatru, do przewodu prowadzącego do aparatu czyszczenia powietrza. Ponieważ przewód ten jest nisko położony, kompresor wciągnął acetylen do aparatu;

2) w pobliżu znajdująca się rafinerja nafty zanieczyszcza powietrze węglowodorem i te również mogły się przyczynić do eksplozji.

Jako druga możliwość nasuwa się ta okoliczność, że wobec braku samoczynnego zaworu redukującego ciśnienie powietrza na 4 *atn*, obsługujący mógł otworzyć zawór „h" znacznie więcej, niż należało i prężność w dolnej części aparatu „e" i „f" wzrosła o tyle ponad 4 *atn*, że spowodowała oderwanie dna od części „f" w miejscu szwu lutowanego. Zawór bezpieczeństwa mógł być albo zepsuty, czy w inny sposób niezdatny do użytku, albo też nie był wystarczającym, ażeby uniemożliwić wzrost ciśnienia.

R. M.

W SPRAWIE PROJEKTU UPRAWNIENIA ELEKTRYCZNEGO W. A. HARRIMANA.

I. ODPOWIEDŹ HARRIMANA.

Harriman odpowiedział szeregiem memorjałów, rozesłanych do władz i wydanych w książce, na liczne zarzuty, postawione projektowi jego koncesji elektryfikacyjnej w dyskusji publicznej. — W memorjałach tych Harriman potrąca również o niektóre z moich wywodów w Technice Cieplnej.

Wśród głosów opozycji przeciw projektowi Harrimana było sporo opinji bądź niefachowych, bądź, jak to już zaznaczyłem w swoim artykule, podyktowanych względami konkurencyjnemi, bądź wreszcie spaczonych przez widma urojonych niebezpieczeństw. Ponieważ każda przesada szkodzi bronionej sprawie, również i tym razem przesadne strachy, wybujałe wymagania i zarzuty ułatwiły raczej Harrimanowi zadanie, pozwalając na łatwe obalenie fałszywych wniosków i odwracając uwagę od istotnych, zasadniczych i rzeczywiście groźnych wad projektu. Wszak jeżeli znany polityk i profesor ekonomji stawia wniosek by ubiegającemu się o koncesję elektryfikacyjną nakazano wybudować tysiące kilometrów linij kolejowych, nikt takich pomysłów nie będzie brał poważnie! Tak samo nikt nie uwierzy, że jakikolwiek kapitał zagraniczny, szukający w Polsce większych zysków aniżeli może osiągnąć gdzieindziej, ma jakoweś ukryte cele polityczne, zagrażające niepodległości i bytowi Państwa...

To też Harriman obszernie i bez trudu załatwia się z tego rodzaju zarzutami. Słusznie wywodzi, że prawo wyłączności w zakresie przewidzianym w jego projekcie koncesji jest rzeczą w danym wypadku nieuniknioną. Nie bez ironji odpowiada tym, którzy wyrażają obawy co do charakteru kapitału Harrimanowskiego, że „przeszło 3/4, istniejących w Polsce prywatnych elektrowni należy do bezimiennego kapitału zagranicznego", o którym niewiadomo wcale, w czyich rękach jest dzisiaj lub znajdzie się jutro. Do tej słusznej uwagi należy dodać, że tak samo stoi sprawa w przemyśle naftowym, górniczym i hutniczym, które to dziedziny wytwórczości o wiele więcej ważą w życiu przemysłowem Polski niż przemysł elektrotechniczny, że istnieją w innych dziedzinach przemysłu liczne wielkie zakłady wytwórcze, o których zupełnie niewiadomo, kto trzyma w ręku większość akcji. Prostuje następnie Harriman z łatwością różne bądź niefachowe, bądź oparte na mylnem tłomaczeniu lub zwykłej nieznajomości projektu koncesji uwagi krytyczne. Oświadcza zarazem, że został przez niego wniesiony projekt statutu polkiej spółki akcyjnej z kapitałem 180 miljonów złotych, która to spółka miałaby objąć koncesje. Wiadomość ta obala jeden z zarzutów przezemnie podniesionych co do niejasności podstaw finansowych przyszłej „Spółki Akcyjnej". Na podstawie wyjaśnień Harrimana muszę też sprostować swoje twierdzenie co do istniejących na obszarze otoczonym koncesją Harrimana elektrowni: będą one mogły po wygaśnięciu ich uprawnień uzyskać przedłużenie, chociaż Harriman będzie niezawodnie w stanie dać lepsze warunki i ubiedz je. Wreszcie Harriman wyraża w sposób nieokreślony gotowość poczynienia pewnych zmian w warunkach koncesji.

We wszystkich memorjałach pomija jednakże Harriman milczeniem lub daje odpowiedzi niejasne albo wymijające na zasadnicze zarzuty, stwierdzające, że przyjęcie projektu Harrimana na zaproponowanych przezeń warunkach nie tylko nie przyniosłoby krajowi tych korzyści, których oczekiwaćby należało jako ekwiwalentu za wielkie uprawnienia i widoki wielkich zysków, wynikające dla Harrimana z koncesji, lecz przeciwnie nałożyłoby na wiele dziesiątków lat haracz na konsumentów, przekraczający przyjęte gdzieindziej normy.

Zreasumuję pokrótce zasadnicze wady projektu Harrimana:

1) niezmiernie wygórowana taryfa i perspektywa jej wzrostu,

2) długotrwałość koncesji,

3) niebywale ciężkie warunki wykupu,

4) mały kapitał inwestycyjny i niewielkie rozmiary robót elektryfikacyjnych.

ad 1). Na podniesiony przezemnie i przez innych zarzut wysokich taryf, Harriman odpowiada tabelą taryf na prąd, obecnie w różnych miejscowościach Polski obowiązujących. Wymienia przytem przeważnie takie „miasta", jak Jabłonna, Góra Kalwarja, Bochnia, Gorlice, Mielec i t. p. i konstatuje z tryumfem, że tam taryfa jest znacznie wyższa niż w projekcie Harrimana! Przytacza też starą koncesję Elektrowni Pruszkowskiej, która, wyzyskując ówczesne stosunki, wyznaczyła niepomiernie wysokie stawki,

obniżone już zresztą w późniejszej koncesji. A więc po to ma otrzymać Harriman prawo wyłączności na najbardziej obiecującym obszarze kraju, poto ma być podjęta elektryfikacja w szerokim zakresie, by mieszkańcy otrzymali tańszy prąd niż w Górze Kalwarji, a zrównali się pod względem ceny prądu z obywatelami Miechowa, Puław lub Sochaczewa. Zresztą i te porównania już szwankują, gdyż cena koncesyjna Harrimana 75—90 gr uległaby przy obecnych cenach węgla i robocizny prawdopodobnie już podwyższeniu o jakie 10%.

Wypowiedziałem opinję, że obecne ceny na prąd są w Polsce wygórowane i przy zdaniu tem obstaję. Harriman przyznaje, że we Francji, Belgji i Włoszech ceny prądu są niższe niż u nas, twierdząc, że jakoby tam koszt środków utrzymania 'był niższy niż u nas, a waluta jest „słabsza“ (?). Niższe są również ceny w większości miejscowości niemieckich, choć koszta utrzymania są tam znacznie wyższe niż u nas a waluta „mocniejsza“. Mylne np. podaje Harriman obliczenia dla Berlina. Tam płaci się za prąd do oświetlenia „cenę zasadniczą“ 42 marek, rocznie za kW zainstalowany lub maksymalnie będący w użyciu (miernikiem jest tam obecnie wielkość licznika, która może odpowiadac mocy zainstalowanej albo też maksymalnej) oraz 16 pf. za 1 kWg. Przy 400 godzinach zużycia wypadnie zatem rocznie za 400 kWg—106 marek czyli ok. 56,4gr/kWg zamiast Harrimanowskich 75 gr. w okręgu warszawskim i łódzkim, a 85—90 w dalszych miejscowościach. Przy 1000 godzinach zużycia cena w Berlinie wynosi ok. 43 gr., gdy w okręgu warszawskim wynosiłaby 57 gr. Pozatem ceny Harrimana już i obecnie na podstawie klauzuli o zależności od cen węgla i robocizny byłyby wyższe niż podano, czyli w niektórych miejscowościach płaconoby za prąd prawie 2 razy tyle co w drogim Berlinie, choć w Niemczech poza wzrostem cen węgla i robocizny same podatki wzrosły prawie 7-o-krotnie w porównaniu z rokiem 1913 (ETZ 1927 str. 1466).

Sprawę zmienności ceny na prąd Harriman wogóle przemilcza. Jak wykazałem w swym artykule, po wojnie ceny węgla wzrosły ok. 100%. Na podstawie projektu Harrimana ceny prądu powinnyby wraz z tem powiększyć się automatycznie o 25%. Tymczasem ceny uległy wszędzie znacznej zniżce.

Nie o wiele mniejsze różnice niż w porównaniu z Berlinem istnieją pomiędzy cenami Harrimana, a cenami „Compagnie Parisienne de Distribubion d'Electricité“.

Najwyższa taryfa dla światła w Paryżu wynosi 1,68 fr. czyli ok. 59 gr/kWg i to już przy ilości godzin użycia 380 dla drobnych instalacji do 500 w, a tylko 240 i 200 godzin dla większych urządzeń. Za prąd, zużyty ponad te godziny, cena spada do 17 gr. Przytem istnieją tam jeszcze taryfy kombinowane bardzo niskie, a odbiorca może sobie dowoli taryfę obrać.

Harriman uspakaja oponentów, wytykających wysokość taryf, możliwością rewizji tych taryf. Ale pierwsza rewizja może się odbyć dopiero za 10 lat, gdy, jak zobaczymy, Harriman rozpocząłby sprzedawanie prądu najdalej już za 2 lata (i to prądu cudzego, kupowanego po niskich cenach), powtóre zaś rewizja nie może zmienić podstaw uprawnienia i zmusić do znacznego obniżenia cen. Podług normalnego wzoru uprawnień rewizji dokonywuje Minister Robót Publicznych, który mógłby wówczas sprostować ewentualne omyłki i niedopatrzenia, zaszłe przy udzielaniu koncesji, i uwzględnić poczynione gdzieindziej postępy techniczne. U Harrimana o zmianie cen decyduje parytatywna Komisja Rozjemcza, która z natury rzeczy musiałaby się trzymać formalnego brzmienia uprawnienia, a już w żadnym razie nie mogłaby zmusić koncesjonarjusza do czynienia inwestycji, zmniejszających koszta produkcji prądu. Wszak nawet opuszczony został w projekcie Harrimana § 30 normalnego wzoru, na podstawie którego możnaby właśnie zmusić koncesjonarjusza do kroczenia z postępem technicznym i odpowiedniego obniżenia cen prądu

ad 2) Długość koncesji tłomaczy Harriman przedewszystkiem obowiązkiem wybudowania zakładu wodnoelektrycznego o mocy 40.000HP. Pogląd swój na potrzebę budowy tego zakładu wypowiedziałem w swym artykule. Uprawnienie uzależnia budowę od uzyskania pozwolenia wodno-prawnego. Sprawa zatem może się przeciągnąć i poza pierwsze 5 lat. Ale, nawet gdyby zakład został w 5 lat wybudowany, stanowić on wszak będzie niewielką tylko część robót elektryfikacyjnych w pełnym ich rozwoju: Harriman sam w jednym z memorjałów mówi o powiększeniu o 220.000kW (str. 57). Z jakiej więc racji ma budowa wodna powodować przedłużenie czasu trwania *całej* koncesji o 20 — 30 lat? Linje przesyłowe, na które powołuje się Harriman, również zaczną niezawodnie bardzo rychło przynosić dochody. Harriman sam twierdzi (str. 119-120), że zaraz na początku wybuduje i uruchomi niektóre linje przesyłowe oczywiście najbardziej rentujące — pobierając prąd z cudzych elektrowni, a więc nieprzynoszący dochodu pierwszy okres budowy będzie u Harrimana znacznie skrócowy.

ad 3) O niebywale ciężkich warunkach wykupu mówiłem w swym artykule, a Memorjały Harrimana poruszają sprawę tę tylko pobieżnie.

ad 4) Nad sprawą wielkości inwestowanego kapitału Harriman rozwodzi się długo i mętnie, to dowodząc, że przewidziana w koncesji *maksymalna* suma kosztów inwestycyjnych 25 mil. dol. jest to kwota bardzo znaczna, to twierdząc, że zostaną wykonane prace elektryfikacyjne o wartości *conajmniej* 25 mil. dol. Sądzę, że wywody Harrimana zyskałyby dużo na sile przekonywującej, gdyby zamknął je w jednym krótkiem zdaniu: „suma inwestycyj. będzie wynosiła nie *maksimum* 25 mil. dol. lecz *minimum*“!...

Na podstawie danych urzędowych wykazałem w swym artykule, że niewielkie roboty elektyfikacyjne, wykonane w latach 1924—8 t. j. w ciągu lat 5, pochłonęły przeszło 25 mil, dol. — Niewiem, na jakiej podstawie Harriman nazywa dane te nieścisłemi. Że rozmiary robót do wykonania których na zasadzie swego projektu byłby *zobowiązany*, są niewielkie, wykazałem w swym artykule, i temu Harriman zaprzeczyć nie może. Rozwodzi się natomiast szeroko nad tem, że w razie pomyślnej konjunktury wykona znacznie więcej robót niż to przewidziano w projekcie koncesji. Ale wszak nikt o tem nie wątpił, że gdy pomyślna konjunktura finansowa na rynkach zagranicznych i dobra konjunktura gospodarcza w Polsce pozwolą Harrimanowi na powiększenie zysków ponad normę, nie omieszka on z tego skorzystać, a nabyte szerokie uprawnienia niezmiernie mu zadanie ułatwią. Lecz przy obecnej złej konjukturze świadczenia Harrimana, które mogą być na podstawie jego projeku uprawnienia doprowadzone do minimum, nie będą w żadnym stosun-

ku do szerokich uprawnień i perspektywy wielkich zysków w przyszłości. —

Zaznaczyłem wobec tego w swym artykule, że Harriman może stać się raczej *pośrednikiem* przy rozprowadzaniu prądu z istniejących elektrowni, aniżeli rozwinąć twórczą czynność elektryfikacyjną. Ponieważ myśl tą wypowiedziałem tylko mimochodem i uzasadnienie jej nie było może dość jasne, Harriman w jednym z memorjałów zaopatruje ją w znak zapytania. Pragnę wobec tego moje przypuszczenie uzasadnić.

W ciągu pierwszych 10 lat trwania koncesji Harriman ma na podstawie brzmienia koncesji bezwarunkowo wykonać tylko następujące roboty: uruchomić elektrownię wodną o mocy ok. 30.000kW (o ile rychło uzyska pozwolenie wodno-prawne), wybudować ok. 400 km sieci przesyłowej (powiększenie sieci do 750 km uzależnione już jest od wielkości zbytu) i zaopatrzyć w prąd z własnych lub cudzych elektrowni 108 małych miasteczek. W miasteczkach tych należeć będzie do Harrimana i detaliczna sprzedaż prądu, która przy danej taryfie napewno da spore zyski. — Na wszystkie roboty powyższe nie jest Har. obowiązany inwestować więcej niż 25 mil. dol. Będzie oczywiście się starał w czasie trwania złej konjunktury inwestować znacznie mniej. — Prąd z otoczonych lub przylegających do swego obszaru koncesyjnego elektrowni będzie mógł Harriman nabywać tanio, gdyż będzie miał dowolny wybór dostawców prądu, a elektrownie, ograniczone w swym dalszym rozwoju, będą musiały szukać oparcia w nowym koncesjonarjuszu. Niesłusznie kwestjonuje Harriman moje twierdzenie, że w obecnem stadjum rozwoju istniejące elektrownie muszą nietylko intensyfikować konsumpcję na swoim terenie lecz i wchłaniać tereny sąsiadujące. Cały szereg elektrowni okręgowych właśnie w ten sposób powstał i niejedna elektrownia ku takiemu rozwojowi zmierza.

Jakkolwiek tanio nabyłby Harriman prąd z cudzych elektrowni, nic go nie zmusza do oddania tego prądu poniżej wysokich cen taryfy. Zastrzeżenie § 75 normalnego wzoru, któreby zmusiło do sprzedawania nabytego tanio prądu po niższej cenie, zostało w projekcie opuszczone.— Nie leżałoby też w interesie Harrimana nabywanie na własność cudzych elektrowni, gdyż cena ich kupna nie byłaby zaliczona na podstawie § 26 na poczet kwot inwestycyjnych koncesjonarjusza.

Powyższe uzasadnia chyba dostatecznie moje przez Harrimana kwestjonowane twierdzenie, że warunki koncesji pozwalają mu zadowolnić się rolą dobrze zarabiającego pośrednika.

Gdy nic nie usprawiedliwia niewspółmierności żądanych przez Harrimana wielkich uprawnień z nikłemi świadczeniami, zaczęto szukać wyjaśnienia w istniejących jakoby koniecznościach strategicznych, nakazujących rychłe wybudowanie zakładu wodno-elektrycznego. — Znam się zapewne jeszcze mniej sprawach strategicznych, aniżeli specjaliści od strategji na gospodarce elektrowni wodnych. Ale prostym rozumem laika nie mogę pojąć, jakie zabezpieczenie w dostawie prądu na wypadek wojny i braku węgla dawałaby względnie niewielka elektrownia wodna, mogąca dostarczać maksymalną moc ok. 30.000 kW najwyżej w przeciągu 4 miesięcy! Musielibyśmy chyba zawrzeć umowę z przeciwnikami, orzekającą, że wojna może wybuchnąć tylko w okresie wielkiej wody, a skończyć się musi z nastaniem małej wody... Projektowany zbiornik o pojemności 10 mil. kWg brakowi na długo nie zaradzi. — Dla porównania przytoczymy, że dla zasilania jednego tylko Drezna wybudowany został na pokrycie szczytów zbiornik, który przy mocy do 90.000kW posiada wydajność do 90 mil. kWh, t. j. 9 razy większą niż projektowany zbiornik w Rożnowie, mający służyć jako zabezpieczenie dla 69 powiatów —

Kończąc, podtrzymuję w całej rozciagłości swoje twiedzenie, że tylko zasadnicze i głęboko sięgające zmiany w projekcie Harrimana zdołałyby uczynić pojekt ten możliwym do przyjęcia. W postaci swej obecnej, a nawet przy drobnych ze strony projektodawcy ustępstwach, koncesja Harrimana stałaby się raczej hamulcem do zakrojonej na szeroką skalę elektryfikacji Polski niż pobudką, gdyż na ludność nałożonyby został na przeciąg 60 lat niemożliwy do zniesienia ciężar wysokich cen prądu i warunków wykupu. —

B. Szapiro. Kraków.

2. OPINJA KOMISJI POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO W SPRAWIE UPRAWNIENIA DLA FIRMY W. A. HARRIMAN & CO.

Komisja powołana przez Prezydjum P. K. En. w dniu 14 września b. r. do rozpatrzenia sprawy elektryfikacji kraju na tle projektu uprawnienia dla firmy W.A. Harriman, w składzie: B. Stefanowskiego; Profesora Politechniki Warszawskiej, jako przewodniczącego oraz J. Obrąpalskiego, docenta Politechniki Warszawskiej, M. Rybczyńskiego, Profesora Politechniki Warszawskiej, G. Sokolnickiego, Profesora Politechniki Lwowskiej, J. Studniarskiego, Profesora Krakowskiej Akademji Górniczej i St. Wysockiego, Profesora Politechniki Warszawskiej; po zapoznaniu się z odpowiedniemi materjałami i po obradach w dn. 17 i 18 października r. b., wydała zgodnie następującą opinję:

1. Planowa, na wielką skalę zakrojona elektryfikacja Państwa Polskiego jest ze względów gospodarczych i społecznych, a także z uwagi na ogromne zacofanie Polski w tym względzie w stosunku do państw ościennych, sprawą pilną i winna być przeprowadzona możliwie szybko;

2. Program tej elektryfikacji, ustalony przez Ministerstwo Robót Publicznych i wzięty za podstawę przy opracowaniu tekstu uprawnienia dla firmy W. A. Harriman and Co., Inc., jest celowy i zgodny z ogólnym projektem elektryfikacji Państwa, znajdującym się w opracowaniu przez P. K. En.;

3. Realizacja takiego programu byłaby niewątpliwie pożądana przez spółkę polską „mieszaną" ze znacznym udziałem Państwa, udziałem Związków Komunalnych i kapitału prywatnego. Uwzględnić jednak trzeba, że elektryfikacja, jeżeli ma być celowa i szybka, musi być zakrojona na wielką skalę i oparta ze względów państwowych także o siły wodne. Wymaga to bardzo wielkich jednoczesnych wkładów i z tego powodu należy wątpić, czy w obecnych warunkach gospodarczych w Państwie mogłaby być w tej formie zrealizowana. Stąd nasuwa się konieczność oparcia się o kapitały zagraniczne.

4. Udział Państwa w nowoczesnej elektryfikacji jest niewątpliwie pożądany, ale ze względu na rozmiar i ryzyko przedsięwzięcia w okresie początkowym trudny do zrealizowania. Z tego powodu korzystniej jest zapoczątkować właściwą elektryfikację przy pomocy kapitałów zagranicznych, a równocześnie gromadzić z odpowiednich reguralnych wkładów specjalny fundusz elektryfikacyjny na celu wykupu przedsiębiorstwa przez Państwo po upływie określonego czasu;

5. Oferta firmy W. A. Harriman jest pierwszą poważną ofertą kapitału zagranicznego, i jako taka winna być

traktowana poważnie. Z tego powodu ewentualne oferty konkurencyjne tak samo od zagranicznego kapitału pochodzące, jakkolwiek bardzo pożądane, winny być brane pod uwagę dopiero w razie gdyby firma W. A. Harrimam stawiała warunki dowodnie gorsze od konkurencyjnych lub, nie chcąc poczynić ustępstw, przerwała rokowania.

6. Warunek uprawnienia, określający w ar. 3 czas trwania uprawnienia na lat 60, jakkolwiek wydawać się może zbyt długi, złagodzony jest przez to, że okresy amortyzacyjne są oznaczone odrębnie, a także ze względu na prawo przedterminowego wykupu przez Państwo, na które to prawo czas trwania uprawnienia nie ma żadnego wpływu. Koncesje zagraniczne na tego rodzaju zakłady bywają udzielane nawet na dłuższy termin.

7. W art. 4 należy zażądać zabezpieczenia losu tych elektrowni użyteczności publicznej, znajdujących się na obszarze przyszłej koncesji Harrimana, które dotąd uprawnienia nie posiadają, a mianowicie przez zapewnienie tym elektrowniom możności pozyskania go niezależnie od udzielenia uprawnienia firmie W. Harriman.

8. W art. 12 należy się domagać skrócenia okresu amortyzacyjnego małych elektrowni lokalnych i sieci na 15 *kV* i niżej do 18 lat, jak to jest przyjęte w dotychczasowych uprawnieniach. Jedynie okres amortyzacji zakładów wodnych może wynosić lat 60, a okres amortyzacji sieci powyżej 15 *kV* — lat 30.

9. Roczna renta, którą Państwo ma płacić uprawnionemu w myśl art. 14 p. 2, jako odszkodowanie za utracone zyski, ma być wyraźnie określona, jako średni zysk netto z siedmiu ostatnich lat poprzedzających datę zapowiedzenia wykupu, nie zaś datę jego dokonania.

Przy obliczaniu zysku netto należy potrącać od dochodu brutto, prócz kosztów eksploatacyjnych, kosztów naprawy i utrzymania, kosztów oprocentowania i umorzenia długów, także i odpisy na fundusz odnowienia, gdyby on miał być tworzony. Niezależnie od tego należy dążyć do obniżenia tak obliczonych rat rocznych lub do zmniejszenia liczby lat ich płatności.

10. W art. 16 należy zastrzec dla Państwa możność rozłożenia spłaty, należnej w myśl art. 14 p. 1, na raty.

11. W razie zdecydowania przez uprawnionego przerwania działalności zakładu z chwilą wygaśnięcia uprawnienia w myśl art. 19, powinien on być zobowiązany do uprzedzenia o tem na 3 lata naprzód, a ewentualna prolongata uprawnienia winna opiewać na ściśle określony termin, a nie bezterminowo.

12. Zgoda Ministra Robót Publicznych na osobę nabywcy zakładu w razie sprzedaży zakładu przez firmę W. A. Harriman, przewidziana w art. 21 uprawnienia, winna być zastrzeżona także na wypadek przymusowej sprzedaży zakładu na mocy wyroku lub pod kontrolą Sądu.

13. Zależność prawomocności unieważnienia koncesji w wypadkach przewidzianych w art. 23 od decyzji Sądu czyni ów rygor zupełnie złudnym. Należałoby na czas do rozstrzygnięcia sądowego zastosować choćby rygor tymczasowy, dostosowany do przyczyn, które unieważnienie wywołały.

14. Obowiązek rozbudowy sił wodnych do ogólnej mocy około 90.000 *KM* w pierwszem dziesięcioleciu trwania uprawnienia, zastrzeżony w art. 26. Ba, powinien być bezwzględny, nieograniczony ani warunkami technicznemi, ani wysokością kosztów. Nadto, oprócz mocy winna być oznaczona minimalna praca, żądana od zakładów wodnych w ciągu określonego czasu.

W związku z tem należałoby wystąpić w pertraktacjach z firmą W. A. Harriman z propozycją wykończenia przez tę firmę zakładu wodno-elektrycznego w Porąbce na Sole wzamian za odpowiednie obniżenie mocy projektowanego zakładu na Dunajcu.

15. Ograniczenie wysokości kapitału inwestycyjnego w myśl art. 25 p. 5 na pierwsze 10-lecie do 25.000.000 dolarów jest zbyt wielkie w stosunku do zakreślonego minimalnego programu. Na dalsze lata aż do wygaśnięcia uprawnienia nie powinno być w tym względzie żadnych ograniczeń i żądać należy zupełnego zadośćuczynienia, warunkom powszechnej elektryfikacji pod groźbą utraty uprawnienia.

16. Elektryfikacja miast o 5000, względnie 3000 mieszkańców, której termin oznaczony został w art. 26 Aa i Bb, winna być przyśpieszona tak, aby po upływie lat 10, t. j. w 11 roku trwania uprawnienia już wszystkie miejscowości o ludności powyżej 3000 mieszkańców były zaopatrzone w energję elektryczną pod rygorem utraty uprawnienia

17. Interesy polskiego przemysłu przy dostawach winny być lepiej chronione niż to zostało zastrzeżone w art. 28 projektu uprawnienia.

18. Art. 39 uprawnienia winien być zredagowany na wzór normalnych uprawnień, z zastrzeżeniem dla Ministra możności, a nie obowiązku zwalniania uprawnionego od określonych świadczeń.

19. Taryfy na energję elektryczną, przewidziane w art. 75 projektu uprawnienia, powinny się opierać na cenach węgla i robocizny, oraz na wartości złota z dnia nadania uprawnienia.

20. Klauzula zmienności taryfy, zastrzeżona w art. 70, winna być zmieniona ze względu nas twierdzoną w życiu praktycznem rozbieżność, jaka zachodzi między wahaniami cen węgla i robocizny, a rzeczywistemi cenami energji elektrycznej.

21. W art. 91 powinien być wyraźnie zapewniony udział obywateli polskich we władzach spółki, a w art. 21 lub w statucie przyszłej spółki polskiej — udział w niej polskich kapitałów publicznych i prywatnych.

22. W całym tekście uprawnienia winny być poczynione poprawki redakcyjne, odpowiadające wymaganiom prawniczym, któreby usuwały nieporozumienia i zapewniały istotną egzekutywę Państwa w kierunku wypełnienia przez uprawnionego wszystkich zobowiązań.

Warszawa, dnia 18 października 1929 r.

(—) *Sokolnicki*, (—) *Dr. Studniarski*,
(—) *B. Stefanowski*, (—) *M. Rybczyński*,
(—) *J. Obrąpalski*. (—) *St. Wysocki*.

KOMUNIKATY STOW. DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE.

17-te Walne Zgromadzenie Delegatów Członków Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.

(Streszczenie)

W dn. 18 listopada 1929 r. o godz. 11 przed południem w lokalu Centralnego Związku Polskiego Przemysłu, Górnictwa, Handlu i Finansów w Warszawie, przy ulicy Chmielnej 2, odbyło się Walne Zgromadzenie Delegatów Członków Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie. Zebranie zagaił viceprezes Rady Nadzorczej pan Edward Wagner w zastępstwie przebywającego zagranicą prezesa Rady pana Oskara Saengera i zaproponował wybór na przewodniczącego Zebrania pana profesora Edmunda Chromińskiego, członka Rady Nadzorczej i Zarządu Stowarzyszenia, oraz na sekretarza vicedyrektora Stowarzyszenia pana inżyniera Wacława Schrammego, co Walne Zgromadzenie jednomyślnie zaakceptowało.

Pan profesor Chromiński, w myśl § 30 Statutu Stowarzyszenia, stwierdziwszy prawomocność Zebrania, odczytał porządek dzienny, który Walne Zgromadzenie jednomyślnie przyjęło.

Po odczytaniu protokółu ostatniego Walnego Zgromadzenia Delegatów z dnia 10 czerwca 1929 roku, który jednomyślnie przyjęto, prezes Zarządu pan profesor Wiesław Chrzanowski przedstawił Walnemu Zgromadzeniu sprawozdanie finansowe za czas od 1-go stycznia do 1 listopada 1929 roku i zaznaczył, że rok 1929-y będzie zamknięty bez niedoboru.

Dyrektor Stowarzyszenia pan inżynier Kazimierz Bizański przedstawił sprawozdanie techniczne Stowarzyszenia po dzień 1 listopada 1929 roku, nad którym rozwinęła się ożywiona dyskusja, w której udział wzięli pp: Rau, Witkiewicz, Kaszer, Tepicht, Aleksandrowicz, Chromiński, Chrzanowski, Bizański.

1929 r. i zaznaczył, że rok 1929 będzie zamknięty bez niedoboru.

Następnie rozważano preliminarz budżetowy na rok 1930. Zarząd i Rada Nadzorcza Stowarzyszenia zaproponowały taryfę opłat za dozór kotłów pozostawić bez zmiany w wysokości uchwalonej na rok 1929-y. Delegat pan profesor Witkiewicz zaproponował podwyższyć opłaty za dozór od kotłów ponad 50 m^2 powierzchni ogrzewalnej wzwyż w stosunku od 5% do 25% obecnie pobieranej składki i otrzymaną nadwyżkę przeznaczyć na badania naukowe.

Delegat pan Srzednicki zaproponował modyfikację wniosku pana profesora Witkiewicza: a) uchwalić obecne opłaty b) dodatkowe zaś w ciągu roku przyszłego, o ile sytuacja gospodarcza polepszy się. Poruszono również sprawę zmiany obecnego obliczenia składek nie od powierzchni, a od ilości spalanego opału.

Po wyczerpującej dyskusji zdecydowano nie podwyższać opłat na 1930 rok od kotłów, a pozostawić w wysokości uchwalonej na 1929 rok, a mianowicie:

Taryfa opłat dla Członków Stowarzyszenia za dozór kotłów na 1930 rok jest następująca:

Powierzchnia ogrzewalna w m. kw.	Opłaty w złotych obiegowych na 1930 rok
do 2	50.—
wyżej 2 do 20	80.—
„ 20 „ 50	105.—
„ 50 „ 100	130.—
„ 100 „ 200	180.—

ponad 200 *m. kw.* za każde 100 *m. kw.* więcej po 60 zł., przyczem część 100 *m. kw.* liczy się za całe.

Walne Zgromadzenie uchwaliło jednomyślnie, że opłaty za zlecony dozór kotłów, należących do osób prywatnych, są wyższe o 30% od opłat dla Członków Stowarzyszenia i że wpisowe od każdego nowozgłoszonego kotła do Stowarzyszenia wynosi Zł. 20.

Preliminarz budżetowy na 1930 rok, zatwierdzony przez Zarząd i Radę Nadzorczą Stowarzyszenia, Walne Zgromadzenie po wyczerpującej dyskusji przyjęło bez żadnych poprawek.

Następnie Walne Zgromadzenie zaakceptowało wniosek zniesienia oddzielnego kontowania wpływów z dozoru wzmocnionego w Okręgu Łódzkim z dniem 1 stycznia 1930 roku.

Walne Zgromadzenie upoważniło pana prezesa Zarządu do wysłania w imieniu zebranych życzeń powrotu do zdrowia pod adresem pana prezesa Rady Nadzorczej Oskara Saengera.

Przewodniczący pan profesor Chromiński zakomunikował Walnemu Zgromadzeniu, że nie zgłoszono żadnych wolnych wniosków na piśmie, że porządek dzienny został wyczerpany i wobec tego zamyka posiedzenie.

Zebrani delegaci podziękowali przewodniczącemu, panu profesorowi Chromińskiemu za sprężyste prowadzenie obrad.

PRZEGLĄD WYTWÓRCZOŚCI.

Prof. Inż. ROMAN DAWIDOWSKI, Kraków.

CZYSZCZENIE WODY KOTŁOWEJ ZE SZCZEGÓLNEM UWZGLĘDNIENIEM KOTŁÓW WYSOKOPRĘŻNYCH.

(Por. *Technika Cieplna*, 1929, str. 216).

Dla utlenienia organicznych związków zużyto, 0,023 *gr/litr.* nadmanganianu potasowego, Z tego składu wynikają następujące twardości wody:

Twardość	węglanowa	5,6°	T. N.
„	stała	10,4°	„ „
„	całkowita	16,°	„ „
„	wapieniowa	8,9°	„ „
„	magnezji	6,3°	„ „
„	wolnego kwasu węglowego	0,63°	„ „
„	krzemionkowa	0,8°	„ „
„	soli glauberskiej	4,19°	„ „
„	soli kuchennej	6,7°	„ „

Przy zastosowaniu wapienno sodowego oczyszczania, ulepszonego przez system Neckar, potrzeba do usunięcia trwałej twardości, do której także należy twardość krzemionkowa, 10,4 x 18,93 = 197 *g* sody na 1 m^3 wody. Soda i wapno przyjęto jako 100%-towe, podczas gdy wogóle, nawet przy pełnowartościowej sodzie, do obliczonych w powyższy sposób wartości należy dodać dla sody 10% oraz dla wapna 25%, ponieważ zawsze soda i wapno daleko mniej aniżeli 100% zawierają substancyj czynnych, a następnie potrzebną jest pewna nadwyżka chemikalji ze względu, że upuszcza się z kotła wodę alkaliczną dla wydalenia z kotła lekko rozpuszczalnych soli, krzemionki i organicznych substancyj. Jaką ilość wody w tym celu należy upuszczać z kotła, wynika z analizy i z innych względów, zależnych od konstrukcji oraz obciążenia kotła.

Tu wchodzi w rachubę np. także sposób odbioru pary z kotła, ponieważ przy silnych wahaniach odbioru pary nieuniknionemi są spadki ciśnienia, a już drobne wahania ciśnień powodują, szczególnie przy kotłach o niskiem napięciu, silne zwilgocenie pary, które zwiększa się w miarę zagęszczenia soli i zawartości części organicznych Tym podobne liczne czynniki wpływają na racjonalne ustalenie ilości upustu wody z kotła. Przy dostatecznej empirycznej rutynie można te wszystkie czynniki uwględnić, natomiast w danym przykładzie jako punkt wyjścia uwzględnioną zostanie zawartość części organicznych w wodzie. Wzorowa woda kotłowa nie powinna mieć więcej organicznych części, aniżeli ilość odpowiadająca zużyciu 300 *miligr/litr* nadmanganianu potasowego przy analizie. Jeśli zatem surowa woda wykazuje przy analizie zużycie $KMnO_4$ w ilości 23 *mg/litr* i może być zgęszczoną do 300 *mg/litr* to według t. zw. Neckarowej formułki należałoby 5,69% wody kotłowej upuszczać. Formułka Neckarowa brzmi:

$$Q = \frac{a\,(100 - c)}{b} : \left\{ \left[100 - \frac{a\,(100 - c)}{b} \right] : 100 \right\} \quad (1)$$

gdzie

Q = upust wody w % ilości wody zasilającej kotły z uwzględnieniem potrzeby uzupełnienia upuszczonej wody,

a = obliczona zawartość soli oczyszczonej wody

b = pożądana zawartość soli w wodzie

c = odparowanie przy jednostopniowem rozprężeniu w procentach według formułki

$$c = \frac{(kal - 99{,}58) \times 10}{537.15} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

gdzie *kal* oznacza ilość cieplika wody przy każdorazowem ciśnieniu kotła.

Z wykresu 6 można odczytać procentowy upust wody, obliczony podług wzoru 1, dla dowolnej prężności w kotle. Także ilości wody upustowej nierozprężanej, obliczone zostały dla wykresu 6 podług wzoru:

$$Q_0 = \frac{a \cdot 100}{b} : \left[\left(100 - \frac{a \cdot 100}{b}\right) : 100\right] \quad . \; . \; . \; . \; (3)$$

Gdybyśmy chcieli w danym wypadku upust wody podług zawartości krzemionki obliczyć, to wówczas należy się posługiwać sposobem „Neckar", patentowanym dla krzemionki. Według przepisu obsługi systemu Neckar powinna woda kotłowa wykazywać całkowitą alkaliczność równoważną 5 — 10 cm³ jedno-dziesięcio normalnego kwasu solnego przy użyciu motyloranżu jako wskaźnika. Ponieważ zawarta w wodzie surowej krzemionka przetwarza się w oczyszczaczu z sodą na krzemian sodu ($Na_2\ SiO_3$), który taksamo alkalicznie reaguje jak soda przeto koncentracja tego krzemianu musi być utrzymywaną w kotle w tak niskim stopniu, ażeby oprócz alkaliczności krzemianu sodu w kotle zachowaną była conajmniej równa ilość alkaliczności sody, a zatem przy przepisanej powyżej sumarycznej alkaliczności, alkaliczność krzemianu sodu nie powinna przekraczać 2 cm³ 1/10 HCl na 50 *cm³* wody, co osiągamy przez upust wody w ilości 5,16%, według obliczenia formułką 1.

Ponieważ przy poprzedniem obliczeniu upustu w przykładzie kierowaliśmy się ilością części organicznych wody, które wymagały upustu wody w ilości 5,69%, więc skontrolować należy jak wielką będzie koncentracja soli przy tym upuście i czy sole inne nie wymagają większego upustu wody kotłowej, aniżeli wyliczone zostało w odniesieniu do części organicznych wody. Upust 5,69% odpowiada $\frac{300}{323} = 13{,}05$ krotnej koncentracji wszystkich w oczyszczonej wodzie zawartych części, czyli i lekko rozpuszczalne sole, znajdują się też w 13,05 krotnej koncentracji.

Zapomocą analizy można łatwo stwierdzić, że w tym wypadku

13,79°	*T.N.*	$Na_2\ SO_4$
6.7°	*T.N.*	$NaCl$
0,8°	*T.N.*	Na_2SiO_3

odpowiadają zawartości soli w wodzie oczyszczonej.

Jako równoważnik wprowadzamy stopnie Beaumé, a mianowicie 1°*Bé* równa się:

8800	mg	Na_2SO_4	na 1	litr	wody
10000	„	$NaCl$	„	„	„
4545	„	Na_2SiO_3	„	„	„
7000	„	Na_2CO_3	„	„	„
6000	„	$NaOH$	„	„	„

czyli koncentracja w oczyszczonej wodzie będzie wynosić

$$\text{dla } Na_2\ SO_4 \quad \frac{13{,}79 \times 25{,}3}{8\,800} = 0{,}0397^\circ \text{ Bé}$$

$$„ \quad Na\ Cl \quad \frac{6{,}7 \times 20{,}7}{10000} \quad 0{,}01390^\circ \quad „$$

$$„ \quad Na_2SiO_3 \quad \frac{0{,}8 \times 21{,}7}{4545} \quad 0{,}00382^\circ \quad „$$

a węc sumaryczna kocentracja = 0,05742° *Bé* bez uwzględnienia nadwyżki alkaljów.

13,05 krotna koncentracja w wodzie kotłowej odpowiadałaby zawartości soli 0,05742 × 13,05 = 0,75° *Bé*. Jeśli uwzględnimy jeszcze alkaliczność wody kotłowej, która, jeśli np. wynosi 7,5 *cm³* 1/10 *HCl* na 50 *cm³* wody i z tego przypada na sodę 4 *cm³*, na ług sodowy 3,5 *cm³* to gęstość wody podnosi się wskutek sody

$$\frac{4 \times 106}{7000} = 0.0606^\circ \text{ Bé}$$

wskutek ługu sodowego

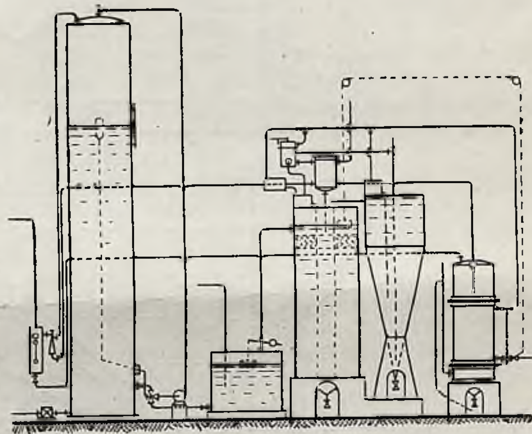
$$\frac{3{,}5 \times 80}{6000} = 0{,}0467^\circ \text{ Bé}$$

a więc sumaryczne zgęszczenie będzie wynosić
0,75 + 0,0606 + 0,0467 = 0,8573° *Bé*

Zgęszczenie krzemionki pozostaje w danym wypadku poniżej górnej granicy i wyrażone w alkaliczności wynosi:

$$\frac{13{,}05 \times 0.8 \times 21{,}7}{122} = 1{,}85\ cm^3\ 1/10\ HCl$$

Nieosiągnięcie górnej granicy koncentracji krzemionki może być tylko korzystne dla wydzielenia tejże. W ten sposób napewno uniknie się także osadu krzemionki i można odtwardnić wodę do 0,5° *T.N.* jak tego mamy liczne przykłady w praktyce. Zupełnie taksamo jak zgęszczają się sole w wodzie, tak też zbiera się namuł.



Rys. 5. Kompletne urządzenie syst. Neckar

Przyjmując że 0,5° *T.N.* pozostałej trwałej twardości składa się w połowie z twardości wapiennej i w połowie z twardości magnezowej to 1 *m³* wody oczyszczonej dostarczy jeszcze 0,25 × 1 7,9 + 0,25 × 10 = 7 *gr.* namułu, który przy 13,05 koncentracji będzie wynosił 13.05 × 7 = 91,35 *gr.* namułu na 1 m³ wody. Gdybyśmy chcieli i do tej ilości z jakiegokolwiek powodu nie dopuścić, to wystarczy tylko zwiększyć cyrkulację wody i to nie musi się zwiększyć upustu wody, lecz wystarczy tylko zwiększyć ilość odwodu wody do aparatu oczyszczającego, jakkolwiek i sam upust wody nie stanowi straty, ponieważ odzyskuje się przy systemie Neckar 90% ciepła upustu oraz do 35% destylatu z upuszczonej wody w zależności od ciśnienia. W danym przykładzie przy 40 *atn* ciśnienia odzysk dystylatu wynosi 29,7% i może być przy użyciu wielokrotnego rozprężenia lub rozprężania w próżni jeszcze znacznie zwiększony. System mierzenia odzyskanego kondensatu miernikiem typu Neckar zezwala przez bezpośredni pomiar na stałą kontrolę upustu, odzysku wody i ciepła.

W danym przykładzie wyliczonym został upust wody 5,69°, który to upust w rzeczywistości z powodu rozprężenia podnosi się do ilości

$$Q_0 = \frac{23 \times 100}{300} : \left[\left(100 - \frac{23 \times 100}{300}\right) : 100\right] = 8{,}306$$

Przy obranym dla przykładu ciśnieniu 40 *atn*, ciepłik wody wynosi 259,15 *Kal.* Przy jednostopniowem roz-

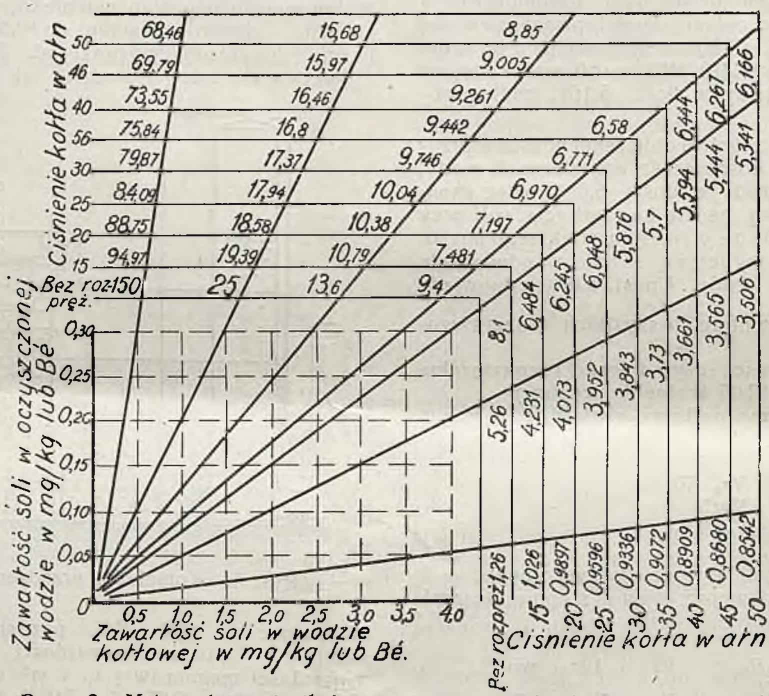
prężeniu od 1 atn ulotni się do kondensatora 29,7% upustu wody jako para, która następnie po skropleniu w kondensatorze, mierzona zwykłym miernikiem, wyda nam ilość całego upustu przez przeliczenie

$$Q_1 = Q_2 \frac{100}{C} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 4$$

gdzie

Q_2 = zmierzona ilość kondensatu
C = ilość pary zwolnionej przez rozprężenie w % wagi podług formułki 2.

Dla każdego ciśnienia kotła można z wyrazu $\frac{100}{C}$ spółczynnik F obliczyć, który np. w danym wypadku dla 40 atmosfer wynosi $F = \frac{100}{29{,}7} = 3{,}37$ i na który należy



Rys. 6. Ustosuukowanie ilości spuszczonej wody do koncentracji soli przy danej prężności

zmierzony odzyskany destylat pomnożyć, ażeby wiedzieć, ile wody upuszczono odwodem namułu do aparatu oczyszczającego.

Także można łatwo obliczyć koszty bieżące czyszczenia 1 m^3 wody, do którego to celu w danym przykładzie zużywa się 262 *gr.* sody oraz 220 *gr.* wapna. Biorąc cenę sody okrągło *Zł.* 20 i cenę wapna 3 *Zł.* za 100 *kg* otrzymujemy cenę chemikalji na 1 m^3 wody 5,9 *groszy.*

Na 1° twardości stałej wypada zatem na 1 m^3 wody przeciętnie 0,503 *groszy,* podczas gdy 1° twardości przemijającej, a więc magnezjowej lub wolnego dwutlenku węgla kosztuje zaledwie 0,0357 *gr.* Strat odwodzonego ciepła i upustu wody nie można liczyć, ponieważ one są znikome w porównaniu z bezpośrednim wydmuchem kotłów, a zatem zwalnianie wody kotłowej z nadmiaru soli odbywa się bez kosztów, podobnie jak odgazowywanie syst. Neckar, które zużywa do tego celu ciepło i energję upustu, przy zwykłem wydmuchiwaniu kotłów i tak straconą. Według podanej powyżej statystyki używanych aparatów do czyszczenia wody w większych kotłowniach w Niemczech na trzeciem miejscu znajduje się system permutytowy, który również spotykamy pod nazwą Zeolitowego, inwertytowego systemu i t. p.

Zasada działania tego rodzaju aparatów jest zupełnie odmienna, aniżeli dotychczas opisanych, a mianowicie jak podaje prof. Gans, stop krzemianów jak kaolina, szpat polny i t. p. z kwarcem i sodą, następnie wyługowany wydaje produkt porowaty o składzie $Na_2\,Al_2\,Si_2\,O_8 + 6H_2O$ odpowiadający w zupełności naturalnym minerałom zeolitom, jakie znajdujemy wśród wulkanicznych skał. Tak sztuczne zeolity czyli permutyty jak i naturalne posiadają charakterystyczną zdolność wymiany zasad ze składnikami wody.

Aparat składa się zatem ze zbiornika w którym przez masę permutytową lub zeolit przepuszcza się wodę i ta przechodząc przez pory oczyszcza się w następujący sposób:

$$\text{Zeolit } Na_2 + Ca\,(HCO_3)_2 = \text{Zeolit } Ca + 2\,Na\,HCO_3$$
$$\text{Zeolit } Na_2 + Ca\,SO_4 = \text{Zeolit } Ca + Na_2\,SO_4$$
$$\text{Zeolit } Na_2 + Mg\,(HCO_2)_2 = \text{Zeolit } Mg + 2\,Na\,HCO_3$$
$$\text{Zeolit } Na_2 + Mg\,SO_4 = \text{Zeolit } Mg + Na_2\,SO_4.$$

Wskutek tych reakcji traci zeolit, względnie permutyt i sód nasyca się wapnem oraz magnezem, a zatem należy co pewien czas masę zregenerować, co uskutecznia się w ten sposób, że w przeciwnym kierunku, aniżeli woda płynie, przepuszcza się przez zeolit czy permutyt rozczyn soli kuchennej, wskutek czego regeneracja odbywa się podług równań

$$\text{Zeolit } Ca + 2\,Na\,Cl = \text{Zeolit } Na_2 + Ca\,Cl_2$$
$$\text{Zeolit } Mg + 2\,Na\,Cl = \text{Zeolit } Na_2 + Mg\,Cl_2$$

Do celów tych używa się tak sztucznej masy jak i naturalnych zeolitów szczególnie szwedzkich, które są podobno nawet tańsze aniżeli masy sztuczne. Identyczność obu kamieni wykazuje następująca analiza sztucznej masy permutytowej oraz zeolitu znanego pod nazwą gismondin.

		permutyt	gismondin
Krzemionka	$Si\,O_2$	34%	35.88%
Tlenek glinu	$Al_2\,O_3$	25%	27.22%
Tlenek sodu	$Na_2\,O$	26%	—
Tlenek potasu	$K_2\,O$	—	2.85%
Wapno	$Ca\,O$	—	13.12%
Woda	$H_2\,O$	26%	21.10%

System permutytowy czy zeolitowy jest o tyle wygodny, że nie potrzeba namierzania chemikalji, jakkolwiek

przy większej twardości węglanowej, sól kuchenna powoduje wyższe koszty, aniżeli wapno. Zmiękczanie wody dochodzi do dalekich granic, jednak krzemionka przechodzi całkowicie do kotła i tu osadza się jako kamień szczególnie twardy, ponieważ brak jej podłoża namułu, który kamień krzemionkowy rozluźnia. Przy wodach żelazistych powinno się wodę wprzód odżelezić, ponieważ żelazo osiadając w masie permutytowej znieczula ją przez mechaniczne obtulenie powierzchni. Zwrócić też należy uwagę, że woda odpadkowa aparatów zeolitowych zawiera znaczną ilość chlorków wapna i magnezu, a zatem nie może być odprowadzoną kanałami betonowemi ze względu na rozkład betonu. Najnieprzyjemniejszą stroną czyszczeń zeolitowych jest jednak wprowadzanie kwasu węglowego do kotła, ponieważ, według niżej podanych formułek, dwuwęglany wapienia i magnezu przechodzą po oczyszczeniu w dwuwęglan sody, który w kotle przez podgrzanie rozkłada się na sodę, kwas węglowy i wodę. Te ilości CO_2, szczególnie znaczne w wodach, zawierających większy procent dwuwęglanów, są powodem, że według Martiny'ego[9]) tego rodzaju aparaty w sferach zawodowych żartobliwie nazywają sztuczną wylęgarnią kwasu węglowego. Podnieść należy, że system zeolitowy czy permutytowy nie wyklucza zastosowania opisanego powyżej samoczynnego odwodu namułu, podanego na *rys. 2* oraz na *rys. 5* który to obwód przynosi i przy tym systemie zupełnie identyczne korzyści z wyjątkiem niemożliwości oczyszczenia z krzemionki. Pozatem zapomocą samoczynnego odwodu zyskujemy i przy systemie zeolitowym, że:

1) proporcjonalna do koncentracji i dowolnie nastawna ilość soli stale odwodzona zostaje z kotła,

2) unika się osadu resztek namułu,

3) odzyskuje się prawie całe ciepło upuszczonego namułu i uchodzącej z nim wody,

4) odzyskuje się znaczną ilość tejże wody w formie dystylatu,

5) odpada nieprzyjemne i zwłaszcza przy kotłach o wyższej prężności nader niebezpieczne wydmuchiwanie kotła.

Przy opisie wspomnianych aparatów nie można w końcu pominąć kwestji tak aktualnej, jak przysposobienie wody dla nowszych wysokoprężnych kotłów, które obecnie coraz więcej się rozpowszechniają i co do których wymogi pod względem przysposobienia wody nie są jeszcze dostatecznie ustalone a zatem w tym kierunku błądzimy wśród hypotez, które po największej części mają tylko pozorne uzasadnienie. Nierzadko spotyka się z zapatrywaniem, że skoro niedoskonałość czyszczenia wody niejednokrotnie w kotłach niskoprężnych może spowodować niebezpieczeństwo ruchu, to tem pewniej należy radykalnie postąpić w kotłach wysokoprężnych i z tego względu istnieje tendencja do stosowania dystylatorów czyli przeparowywaczy wody w mniemaniu, że użycie wody dystylowanej jest najdalej idącym sposobem rozwiązania zagadnienia. Przedewszystkiem mylnem jest zapatrywanie jakoby kotły wysokoprężne wrażliwsze były pod względem zanieczyszczeń wody, ponieważ przy wyższem ciśnieniu mniejsza jest możliwość przepalenia rur ze względu, że objętość pary zmniejsza się proporcjonalnie do zwiększenia ciśnienia, a więc przy wyższem ciśnieniu, tworząca się w rurach para mniej zajmuje miejsca, a zatem właściwie większa ilość wody cyrkuluje wzdłuż ścianek. Także zawilgocenie pary jest przy wysokoprężnych kotłach mniejsze, ponieważ wysokoprężna para odłącza się od kropli wody łatwiej, aniżeli niskoprężna. W tym względzie także wahania ciśnienia, które przy wysokoprężnych kotłach mogą doprowadzić do poważnych zaburzeń, nie są tak niebezpieczne, jak przy niskoprężnych. Różnica 3 *atn* zupełnie inaczej uwydatnia się przy spadku z 15 *atn* do 12 *atn* aniżeli przy opadnieciu ciśnienia z 40 *atn* na 37 *atn*, jak wogóle przebiegi w kotle wysokoprężnym są łagodniejsze, aniżeli w niskoprężnym.

Z tego nie wynika, że należałoby mniej zwracać uwagę na czyszczenie kotłów wysokoprężnych, lecz nie należy zbyt bojaźliwie chwytać się tak radykalnych środków, jak destylowanie wody z pominięciem wad tego systemu. Przedewszystkiem, jak słusznie to w odczycie w związku właścicieli większych kotłowni w Niemczech określił inż. Splittgerber [10]) wodę destylowaną należy uważać, jako kwas, który żelazo nadgryza.

Według zebranych przez Splittgerbera danych z literatury woda czysta przestaje być dla żelaza niebezpieczną dopiero, gdy zawiera alkaliczność 0,8 *gr/lit.* ługu potasowego lub 1.8 *gr./lit.* sody zwykłej. W tym względzie najpoważniejsze odkrycie poczynił i opublikował prof. Parr[11]) z Illinois w Ameryce, który stwierdził dowodnie w jak wysokim stopniu np. sól glauberska przeciwdziała nadżeraniu blach kotłowych,

Z powodu niezmiernego zainteresowania się problemem przysposobienia wody dla kotłów wysokoprężnych inż. Knodel[12]), na zlecenie Związku właścicieli większych kotłowni w Niemczech, przeprowadził badania znacznej ilości przeparowaczy (dystylatorów) i na walnem zebraniu tego związku zreasumował wyniki swe:

1) często buduje się przeparowywacze, ze względu na wysokie koszty, zbyt małe.

2) osady w rurach zmniejszają wydajność aparatów już po 14 dniach o około 15%,

3) ze zmiękczonej wody upuścić należy 30—50% jako ług, co zwiększa koszty oczyszczenia,

4) wody o wysokiej zawartości zawiesin muszą być filtrowane, gdyż w przeparowywaczach łatwo przez to powstają zaburzenia,

5) przy braku alkaliczności wody w kotle, nadgryza woda ściany kotła wskutek kwasowej reakcji. Występują wówczas nadrdzewienia i to najbardziej w tych miejscach, gdzie cyrkulacja wody jest najsilniejsza,

6) z powodu pod 2 podanej szkodliwości osadów musi być przed dystylatorem włączone chemiczne oczyszczenie wody w przeważnych wypadkach. Tylko wody o minimalnej twardości kilku stopni i to nie posiadające węglanowej twardości mogą być użyte bez wstępnego chemicznego oczyszczania,

7) koszty przysposobienia wody w dystylatorach wynoszą w Niemczech na 1 $m.^3$ wody najmniej 30 *pfenigów* (czyli około 64 *groszy polskich*).

Zajmując się skwapliwie tą sprawą zarządził wspomniany Związek dalsze badanie, które przeprowadził chemik związkowy Dr. Schweisgut i potwierdził naogół podany wynik badań związku, a ponadto jeszcze stwierdził, że sama zasada dystylacji nie jest już warunkiem czystego dystylatu, albowiem w wynikach badań wprowadza przykład, gdzie dystylator wydawał niezwykle zanieczyszczony dystylat, z czego wnioskuje Dr. Schweisgut, że przy nabywaniu dystylatorów oprócz gwarancji co do wydajności należy żądać bezwarunkowo gwarancji także co do jakości dystylatu, a mianowicie dystylat nie powinien wykazywać po odparowaniu więcej jak 15 *mg./litr.* pozostałości suchej. Co do kosztów dystylowania Dr. Schweisgut stwierdził, że koszty dystylowania bez wstępnego czyszczenia chemicznego wynosiły 60—80 *pfenigów* na 1 m^3, coby odpowiadało 1.28 *zł.* — 1.70 *zł.* za preparowanie 1 m^3 wody. Z tego wynika, że dystylator nie jest doskonałem, skutecznem urządzeniem do czyszczenia wody i przy obecnem udoskonaleniu aparatów chemicznych do czyszczenia wody conajmniej ten sam cel osiągnąć można zapomocą chemicznych aparatów bezwzględnie taniej.

---

[9]) Archiv f. Wärmewirtschaft 1922 str. 109.

[10]) Czasopismo V. D. I. 1925 str. 939.

[11]) Bulletin Eng. Experiment Stat. 94 (1917), 155 (1926)

[12]) Czasop. bawarsk. Związku Rew. Kotłów. 1928 str. 270.

2. RACJONALIZACJA SIŁY I ENERGJI CIEPLNEJ.

Racjonalizacja przemysłu obejmuje coraz szerszy horyzont. Konieczność obniżenia kosztów produkcji drogą normalizacji i uproszczenia, stała się podstawowym czynnikiem egzystencji placówki przemysłowej niezależnie od dziedzin jej produkcji. Nie pomija się żadnych dróg ani kosztów, które doprowadzić mogą do tańszej produkcji, gdyż jest to jedyny sposób do utrzymania się na powierzchni fali konkurencji.

Podstawowym czynnikiem wpływającym na koszty produkcji jest energja siłowa. Można śmiało rzec, że o ile w niektórych wypadkach tania energja siłowa pozwala zmniejszyć znacznie koszty wytwórcze, to w przeważnej ilości wypadków jest ona podstawą do rentownej egzystencji placówki. Jest bowiem aż nadto zrozumiałe, że o ile wytworzenie 1 *KM* kosztuje 8 gr. zamiast 20 groszy, to przy produkcji około miljona *KM/godz.* rocznie zaoszczędzić można około 120 tys. złotych co w budżecie fabrycznym stanowić może dość pokaźną sumę. Jest to zatem cyfra zbyt znaczna, aby na nią nie zwrócić baczniejszej uwagi.

Oszczędności te uzyskać można całym szeregiems posobów, należy jedynie uwzględnić czynniki składające się na całokształt własnych produkcji, jak naprzykład koszty wydatkowane na ogrzewanie pomieszczeń fabrycznych jak i mieszkań, suszarń jak również i dla innych celów fabrykacyjnych. Wystarczy przybliżone nawet obliczenie kosztów wydatkowanych na powyższe cele, aby stwierdzić znaczne obciążenie produkcji z tego tytułu wynikające.

Jak dalece nieracjonalne jest takie obciążenie produkcji świadczy fakt, że wiele przedsiębiorstw przemysłowych produkuje znacznym kosztem parę dla celów fabrykacyjnych w oddzielnych kotłach, a wypuszcza w powietrze znaczne ilości ciepła w postaci pary opuszczającej maszyny parowe po dokonaniu pracy. Specjalnie ma to miejcse przy lokomobilach, przy których w znacznej ilości wypadków para wylotowa nie jest wyzyskana. Jak bowiem wynika z praktyki, znaczne zawartości ciepła w parze odlotowej uchodzą w powietrze, pomimo, że mogłyby być całkowicie zużyte dla celów fabrykacyjnych. Ażeby zorjentować się w ilości ciepła zawartego w parze wylotowej, wystarczy nadmienić, że z całej ilości opału około 90% idzie na podgrzewanie wody do stanu parowania, a dopiero dalsze 10% przeznaczone jest na podniesienie ciśnienia pary. Widzimy zatem, że wyzyskanie tego ciepła wylotowego dla celów fabrykacyjnych czy też ogrzewczych oznacza nietylko zaoszczędzenie kosztów ponoszonych na produkowanie pary w oddzielnych urządzeniach kotłowych, lecz w pierwszym rzędzie oznacza to, że energię napędową otrzymujemy w tych warunkach prawie zupełnie bezpłatnie.

Ażeby zatem taki stan osiągnąć, należy przeprowadzić możliwie daleko idącą decentralizację maszyn napędowych tak zbudowanych, aby zapotrzepowane ciepło dla celów ubocznych pokryć z pary wylotowej, t. j. aby uczynić zbytecznem prowadzenie oddzielnych kotłów dla tego celu. Jest to zresztą możliwie do przeprowadzenia, o ile się uwzględni, że w nowoczesnym rozwoju techniki przyjęto za pewnik, że najwygodniejszym przewodnikiem ciepła jest para wodna.

Poniższe wywody teoretyczne najzupełniej potwierdzają wyżej przytoczone rozumowanie, oparte na doświadczeniu praktycznem.

W myśl podstawowych zasad ciepła potrzeba 99,1 jednostek cieplnych dla ogrzania 1 *kg* wody o temperaturze 0° *C* do temperatury parowania przy ciśnieniu 1 *ata*. Celem całkowitego odparowania tej ilości wody potrzeba dalszych 539,9 jednostek cieplnych, t. j. razem 639,0 jednostek cieplnych. Ażeby otrzymaną parę korzystnie móc zużytkować, czy to dla ogrzewania niskociśnieniowego lub t.p., podnosimy jej temperaturę do 105° C, co uzyskujemy przez nieznaczne zwiększenie ciśnienia pary o 0,1 — 0,3 *atn* ponad ciśnienie atmosferyczne.

Tak więc się przedstawia proces odparowania wody w kotle o niskiem ciśnieniu. Gdy jednak dla celów fabrykacji potrzeba pary o wyższej temperaturze i ciśnieniu, wówczas stosujemy odpowiednie do tego kotły, jednakowoż ciepło potrzebne dla podniesienia tego ciśnienia i temperatury jest nieznaczne w zestawieniu z podstawowem ciepłem zużytem na samo odparowanie wody przy ciśnieniu atmosferycznem. I tak, aby podnieść ciśnienie pary do 12 *atn*, potrzeba dodatkowo tylko 27,6 jedn. ciepła, co teoretycznie wynosi około 4,3%. Wynika z tego, że całkowite ciepło, potrzebne dla odparowania wody, w podanych warunkach do ciśnienia 13 *atn* wymaga 666,6 jedn. cieplnych.

Aby zorjentować się w szybkości wzrostu zapotrzebowanie ciepła przy odparowaniu wody, podajemy poniżej tabelkę orjentacyjną (Tab. 1), która jest wykładnikiem zjawiska fizycznego tej przemiany, dzięki której uzyskujemy prawie że bezpłatnie wytworzenie energji zapędowej.

Tab. 1. Tabelka odparowania.

Ciśnienie nadciśnienie	Ciśnienie abs	Temperatura t^0C	Ciężar właściw. pary d	Ciepło zawarte w wod. q	Ciepło parowania r	Całkowite ciepło $q+r$
0	1	99,1	0.579	99,1	539,9	639,0
1	2	119,6	1.107	119,9	527,0	646,9
2	3	132,9	1.618	133,4	518,1	651,6
3	4	142,9	1.120	143,7	511,1	654,9
4	5	151,1	2.614	152,2	505,2	657,3
5	6	158,1	3.104	159,4	499,9	659,3
6	7	164,2	3.591	165,7	495,2	660,9
7	8	169'6	4.075	171,4	490,9	662,3
8	9	174,5	4.556	176,6	486,8	663,4
9	10	179,0	5.037	181,3	483,1	664,4
10	11	183,2	5.516	185,7	479,5	665,2
11	12	187,1	5.996	189,8	476,1	665,9
12	13	190,7	6.474	193,6	472,8	666,6
13	14	194,1	6.952	197,3	469,7	667,0
14	15	197,4	7.431	200,7	466,7	667,4
15	16	200,4	7.900	204,0	463,8	667,8

Celem zupełnego oświetlenia tego zjawiska, rozpatrzyć należy również i zapotrzebowanie ciepła dla przegrzania pary do określonej temperatury. Rozpatrzymy jedynie zapotrzebowanie ciepła przy uwzględnieniu przegrzania do 350° *C* jako temperatury maksymalnej w praktyce przeważnie spotykanej. Jak z doświadczenia wynika, podgrzewanie pary o ciśnieniu 13 *atn* do temperatury 350° C wymaga około 0.562 jednostek cieplnych na każdy stopień przegrzania.

Biorąc pod uwagę, że przy ciśnieniu paty 12 *atn* temperatura tejże wynosi 193,6° *C* należy więc podgrzać tę parę około 156° *C*, do czego zużyć trzeba dodatkowo $156 \times 0{,}562 = 87{,}6$ jedn. cieplnych, co stanowi około 13% w odniesieniu do ciepła pary w stanie nasycenia.

Całkowite zużycie ciepła wyniesie zatem:

$$666{,}6 + 87{,}6 = 754{,}2 \text{ jedn. cieplnych,}$$

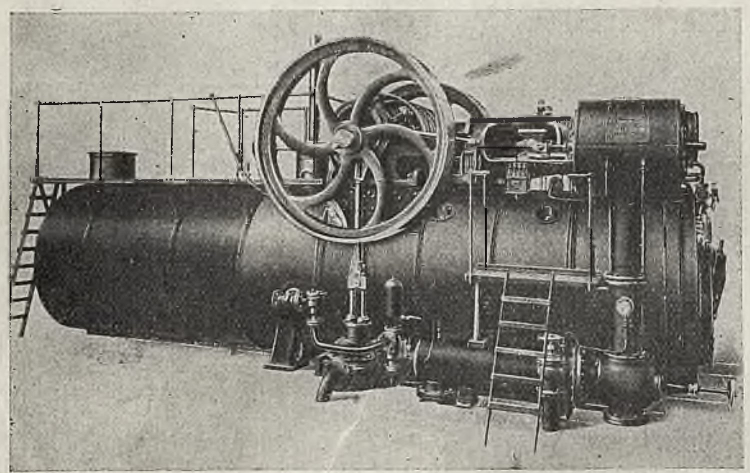
a zatem 1 *kg* pary doprowadzony do maszyny parowej o ciśnieniu 12 *atn* i temp. 350° *C* zawiera w sobie 754,4 jedn. cieplnych.

Powyższa para doprowadzona do cylindra, ciśnie na tłok wykonując pracę, poczem rozpręża się do 0,1 *atn* nadciśnienia i wylatuje z cylindra w stanie nieco przegrzanym, zawierając w sobie około 650 jepnostek cieplnych. Widzimy zatem, że wykonując pracę, każdy kilogram doprowadzonej do cylindra pary zamienia w pracę jedynie około *100 jedn. cieplnych*, a więc zaledwie 13,3% dostarczonego ciepła, zwracając resztę w postaci pary wylotowej.

Z powyższego wynika, że ilość ciepła zawarta w parze po uskutecznieniu pracy, niewiele różni się od zawartości ciepła w stanie świeżym, wobec czego traktować można otrzymaną energję jako odpadkową, a więc uzyskaną znikomym kosztem.

żadnych strat, co jest oczywiście możliwe tylko w nowocześnie budowanych lokomobilach.

Dzięki temu zajęły nowoczesne lokomobile przemysłowe przodujące miejsce w gospodarce cieplnej i energetycznej, albowiem poza wyżej wspomnianemi zaletami,



Rys. 1. Nowoczesna lokomobila stacyjna z kondensacją i dla odbioru pary fabr. H. Cegielski S. A. w Poznaniu.

Jeżeli zatem uwzględnić placówkę przemysłową, która dla potrzeb fabrycznych przeciętnie zużywa około 1000 *kg*/godz. pary wytworzonej w oddzielnym kotle, to tę samą parę uzyskać można z lokomobili przy równoczesnem odbiorze mocy 160 *KM*. Tak znaczną moc uzyskać można dodatkowo jedynie dzięki temu, że para z kotła przedostaje się do maszyny bezpośrednio, bez czynią również zbytecznem kosztowną instalację długich przewodów rurowych stosowanych przy kotłach i maszynach parowych i nie wymagają specjalnych fundamentów.

Jeżeli jeszcze uwzględnimy nadzwyczaj uproszczoną ich obsługę przy zainstalowaniu automatycznego paleniska jak również ich ekonomiczną przez to eksploatację, bezpieczeństwo i niezawodność ruchu, wówczas zalety lokomobil przemysłowych staną się aż nadto widoczne.

STAŁA POMOC.

Czytelnik systematycznie przeglądający nasz dział ogłoszeniowy korzysta zeń w znacznie większym stopniu od przygodnego czytelnika.

Każdy zeszyt TECHNIKI CIEPLNEJ zawiera w dziale ogłoszeniowym szereg aktualnych informacyj, które w znacznym stopniu niejedno zadanie ułatwić nam mogą.

Jeden z czytelników naszego pisma donosi nam:

> „Jestem tego zdania, że dział ogłoszeniowy Techniki Cieplnej posiada nie mniejsze od jej treści znaczenie dla czytelnika. Przypominam sobie, że niejedno z ogłoszeń Techniki Cieplnej ułatwiło mi wybór przy zakupach garnków kondensacyjnych, pomp, kotłów, grzejników, filtrów i t. p. Wymienić mógłbym znaczny szereg takich artykułów napotykanych w łamach ogłoszeniowych Techniki Cieplnej, które zwróciły moją uwagę“.

Warto więc czytać ogłoszenia.

Przeczytajcie ogłoszenia dzisiejszego zeszytu, przedewszystkiem jednak zastosujcie zwyczaj czytania ich co miesiąc stale i systematycznie. Niewątpliwie skorzystacie na zastosowaniu się do naszej propozycji.

Druk. „A. Michalskiego“, Warszawa, Chmielna 27. Telefon 27-15